

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**DAIANE FAVERO**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA  
DE REPRESAS E AVALIAÇÃO DE RISCOS AOS  
SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO**

**São Mateus - ES**  
**Fevereiro de 2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA  
DE REPRESAS E AVALIAÇÃO DE RISCOS AOS  
SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO**

**DAIANE FAVERO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Robson Bonomo  
Coorientador: Prof. Dr. Aloísio José Bueno Cotta

**São Mateus - ES**  
**Fevereiro de 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)  
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)  
Bibliotecário: Filipe Briguei Pereira – CRB-6 ES-000863/O

---

Favero, Daiane, 1994-  
F273m Monitoramento da qualidade da água de represas e avaliação  
de riscos aos sistemas de irrigação / Daiane Favero. – 2018.  
58 f. : il.

Orientador: Robson Bonomo.  
Coorientador: Aloísio José Bueno Cotta.  
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário  
Norte do Espírito Santo.

1. Reservatórios. 2. Água de irrigação. 3. Água - Análise. I.  
Bonomo, Robson. II. Cotta, Aloísio José Bueno. III. Universidade  
Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito  
Santo. IV. Título.

CDU: 63

---

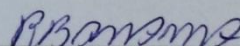
DAIANE FAVERO

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE REPRESAS E  
AVALIAÇÃO DE RISCOS AOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO**

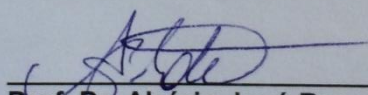
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 19 de fevereiro de 2018.

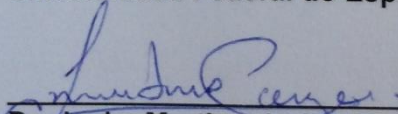
**COMISSÃO EXAMINADORA**



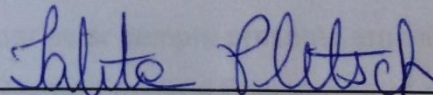
Prof. Dr. Robson Bonomo  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador



Prof. Dr. Aloisio José Bueno Cotta  
(Coorientador)  
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. Joabe Martins de Souza  
Universidade Federal do Espírito Santo



Profª. Drª. Talita Aparecida Pletsch  
Instituto Federal do Espírito Santo

A Deus por estar sempre presente em minha vida.

Aos meus pais, Marlene Gaspar Favero e Delson Favero pelo amor  
incondicional, carinho e educação.

As minhas irmãs Luciene Favero e Delzilene Favero, pelo carinho e amor.

Aos demais amigos e familiares, pelo apoio e incentivo recebido ao longo de minha  
formação.

**DEDICO!**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores Dr. Robson Bonomo e Dr. Aloísio José Bueno Cotta pela orientação acadêmica durante o mestrado, pela amizade, pelos conhecimentos transmitidos, pela confiança e compreensão.

A avaliadora externa Talita Aparecida Pletsch pelas contribuições e por todo incentivo e ao avaliador Joabe Martins de Souza pelas contribuições.

Aos Técnicos dos laboratórios da universidade Francisco De Assis Ferreira, Joel Cardoso Filho e Jean Carlos Fiorotti, pelo apoio na realização das análises.

Aos professores, por partilharem seus conhecimentos e experiências de vida e pela amizade.

Aos amigos Murilo Brazzali Rodrigues, Gleison Oliosio, Douglas Gomes Viana, Raquel Ramos e Alex Campanharo pela amizade e apoio qual recebi.

Aos amigos, Luan Vítor Chixaro, Augusto Magalhaes, Alan Lima e Marcus Vinicius Buge Zucateli pela ajuda nas coletas de campo e analises em laboratório.

Aos proprietários Denilson Rodrigues, José Bonomo, Eliseu Bonomo e aos moradores do Assentamento Rodeio pela disponibilização da área para a realização do experimento.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical pela amizade, pelas conversas, e pelos bons momentos de descontração.

Universidade Federal do Espírito Santo e ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado, por todo o suporte e apoio recebido.

Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

## SUMÁRIO

<b>Sumário.....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>vi</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Características qualitativas das águas .....	8
2.2 Irrigação .....	11
<b>3. Material e métodos .....</b>	<b>12</b>
3.1 Área de estudo.....	12
3.2 Pontos amostrais em Nova Venécia .....	13
3.3 Pontos amostrais em São Mateus .....	14
3.4 Técnicas de coleta e análise .....	16
3.5 Dados meteorológicos e nível das águas nas represas.....	17
3.6 Processamento e representação de dados.....	18
<b>4. Resultados e discussão .....</b>	<b>21</b>
4.1 Riscos aos sistemas de irrigação.....	21
4.2 Qualidade da água de irrigação .....	32
4.3 Classificação hidroquímica das águas .....	35
4.4 Correlações.....	39
<b>5. Conclusões .....</b>	<b>43</b>
<b>6. Referências .....</b>	<b>44</b>
<b>7. Apêndice.....</b>	<b>52</b>

## RESUMO

FAVERO, Daiane; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; fevereiro de 2018; **Monitoramento da qualidade da água de represas e avaliação de riscos aos sistemas de irrigação**; Orientador: Robson Bonomo, Coorientador: Aloísio José Bueno Cotta

A construção de barragens é uma alternativa para aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos visando atender as necessidades humanas. No norte do Espírito Santo essa técnica é muito utilizada no armazenamento de água para uso na irrigação, e tem crescido em função dos longos períodos de estiagem. No entanto a quantidade e qualidade das águas dessas barragens podem variar e comprometer seu uso na irrigação. Deste modo, objetivou-se com este trabalho estudar variáveis físico-químicas e hidroquímicas da água em represas recém-construídas, e outras já existentes, no norte do Espírito Santo, para identificação de possíveis riscos aos sistemas de irrigação. O monitoramento foi realizado, ao longo de 14 meses, em 4 represas em Nova Venécia-ES (P1 a P4) e outras 4 represas no município de São Mateus-ES (P5 a P8). As variáveis hidroquímicas analisadas foram pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), turbidez, ferro total ( $\text{Fe}_T$ ),  $\text{Fe}^{2+}$ , e  $\text{Fe}^{3+}$ , ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{3-}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^+$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), dureza, alcalinidade ( $\text{HCO}_3^-$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ). Além disso, dados de nível de água das represas, regime de chuva e evapotranspiração foram obtidos. Os dados foram avaliados através de estatística descritiva (máximo, mínimo, média e desvio padrão), de acordo com a classe de risco de danos ao sistema de irrigação e com os diagramas de Piper e de classificação de águas para irrigação. As elevadas concentrações de ferro e sólidos totais registradas nas águas das represas, tanto de Nova Venécia, quanto de São Mateus, geralmente com maiores valores nas represas novas, inviabilizam o uso direto destas águas na irrigação por gotejamento. Nestes casos, o tratamento da água é indispensável e possibilita seu uso com redução de possíveis danos ao sistema de irrigação, assim os irrigantes devem estar atentos ao uso de filtros, aeradores e decantadores para impedir a passagem destes elementos, impedindo a deposição ao longo do sistema de irrigação. Para os demais parâmetros estudados a maioria das amostras apresentou resultados aceitáveis. As represas de Nova Venécia e São Mateus apresentaram suas águas majoritariamente em classes  $\text{C}_1\text{S}_1$ , de baixa salinidade e, portanto, de adequada qualidade para irrigação. Poucas amostras foram enquadradas na classe  $\text{C}_2\text{S}_2$ , em algumas épocas, neste caso essas águas devem ser utilizadas em solos de boa permeabilidade e com certo grau de lixiviação e optar por plantas mais tolerantes. Quanto a classificação hidroquímica das águas de ambos municípios, foram majoritariamente sódicas cloretadas, com pequenas variações composicionais sazonais.

**Palavras chave:** Água de irrigação, Análises físico-químicas, Represas.



## ABSTRACT

The construction of dams is the attempt to increase the availability of water resources to meet human needs. In the north of Espírito Santo, this technique is widely used in the storage of water for use in irrigation, and has increased due to long periods of drought. However the quantity and quality of the waters of these dams may vary and affect the applicability for use in irrigation. Thus, the objective of this work was to study physico-chemical and hydrochemical variables of water quality in newly constructed dams, and others already existent, in the north of Espírito Santo, to identify possible risks to irrigation systems. The monitoring was carried out in 4 dams in Nova Venécia-ES (P1 to P4) and another 4 dams in the municipality of São Mateus-ES (P5 to P8). The hydrochemical variables analyzed in this study were pH, temperature, dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC), total solids (ST), turbidity, total iron ( $\text{Fe}_T$ ),  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$ , orthophosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), sulfate ( $\text{SO}_4^{3-}$ ), sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), hardness, alkalinity ( $\text{HCO}_3^-$ ) and chloride ( $\text{Cl}^-$ ). In addition, data of water level of the dams, rain regime and solar irradiation were obtained. Data were evaluated through descriptive statistics (maximum, minimum, mean and standard deviation), according to the risk class of damage to the irrigation system and with the Piper diagram, through the QualiGraf program. The high concentrations of iron and total solids recorded in the dam waters of Nova Venécia and São Mateus, tending to a higher concentration in new dams, make it impossible to use these waters directly for irrigation. In these cases, the treatment of water is indispensable and allows its use with reduction of possible damages to the irrigation system, so irrigators should be aware of the use of filters, aerators and decanters to prevent the passage of these elements, preventing the deposition along the irrigation system. For the other parameters studied the majority of the samples presented acceptable results. The Nova Venécia and São Mateus dams presented their waters mainly in  $\text{C}_1\text{S}_1$  classes, of high quality for irrigation. Few samples were classified in class  $\text{C}_2\text{S}_2$  in this case these waters should be used in soils of good permeability and with a certain degree of leaching and to opt for more tolerant plants. As for the hydrochemical classification of the waters of both municipalities, they were mostly chlorinated sodium, with small seasonal compositional variations.

**Key words:** Irrigation water, Physical-chemical analyzes, Dams.

## 1.INTRODUÇÃO

A disponibilidade de recursos hídricos de boa qualidade é fundamental para o desenvolvimento social e econômico sustentável. No entanto, a qualidade e quantidade de água demandada para satisfazer o atual padrão de consumo dos seres humanos e a manutenção dos ecossistemas é um grande desafio para gestão dos recursos hídricos (OKI AO et al., 2016; ZIMMERMANN et al., 2008).

As fontes de água nos últimos anos tem sofrido maiores impactos devido os vários processos que podem alterar sua composição química como os processos naturais que envolvem a dissolução e assimilação de componentes proveniente do solo e matéria orgânica e ainda somam-se a estes a poluição antrópica, causada pela interferência humana como disposição inadequada do lixo, despejo de esgoto e desmatamento ( THEBALDI et al., 2013; DIŞLI, 2017).

A construção de barragens é uma forma de aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos para satisfazer as necessidades humanas. No norte do estado do Espírito Santo essa técnica é muito utilizada no armazenamento de água para utilização na irrigação, sendo que o número de barragens nos últimos anos tem aumentado em função dos longos períodos de estiagem (INCAPER, 2016a). No entanto a qualidade e quantidade das águas dessas barragens pode variar e afetar sua aplicabilidade (BARRETO et al., 2004).

Para definir a qualidade da água diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos devem ser levados em consideração. Sendo que no estudo da qualidade da água para fins de irrigação dá se maior ênfase à composição química da água, embora as características físicas e a carga de sedimentos também sejam importantes (BARROSO et al., 2010).

A água para irrigação pode apresentar características que influenciam no desempenho dos equipamentos utilizados no sistema de irrigação, dessa forma a análise desse recurso permite identificar potenciais riscos (FRANCO et al., 2009). Para Almeida (2010) as incrustações, corrosões e entupimentos são exemplos de problemas causados por uma má qualidade da água, sendo que as incrustações são formadas por material orgânico ou inorgânico que se acumulam sobre as superfícies dos componentes da irrigação e que prejudicam a passagem da água pelas tubulações, os entupimentos geralmente são causados por sólidos em suspensão

como areia, limo, argilas, e pela precipitação de carbonatos e oxihidróxidos de ferro.

A qualidade da água de irrigação é definida principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica. Os principais sais dissolvidos na água de irrigação são sódio, cálcio e magnésio associados a cloretos, sulfatos e bicarbonatos. Normalmente, o potássio e o carbonato estão presentes em quantidades menores (SILVA et al., 2011). Segundo Ayers e Westcot (1976), na qualidade da água para irrigação elevados valores de salinidade e a sodicidade são os causadores de problemas mais graves, sendo a salinidade devida a quantidade de sais dissolvidos, e a sodicidade que se refere especificamente ao efeito do sódio contido na água e pode ser quantificada pela razão de adsorção de sódio (RAS).

De acordo com Silva et al. (2011) para minimizar os problemas da utilização da água na irrigação é necessário que exista planejamento e monitoramento adequado para atestar sua qualidade e para que problemas futuros sejam evitados.

Objetivou-se com este trabalho estudar a qualidade da água em represas recém-construídas, e outras já existentes, no norte do Espírito Santo, utilizando variáveis físico-químicas e hidroquímicas para identificação de possíveis riscos aos sistemas de irrigação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DAS ÁGUAS**

A água apresenta várias utilidades sendo que algumas das mais importantes são, abastecimento público de água, geração de energia elétrica, irrigação, aquicultura, e dessedentação animal. No entanto, ao longo do tempo, os recursos hídricos vêm sendo modificados por ação antrópica, o que resulta em prejuízo na qualidade e disponibilidade de água (FRANCO e HERNANDEZ, 2009).

O norte do Espírito Santo passou por um longo período de estiagem, com registro de precipitações de 25 a 50% inferiores à média histórica de  $1.100 \text{ mm.ano}^{-1}$  (INCAPER, 2016b) Os verões de 2015 e 2016 foram marcadamente secos com déficits de precipitação da ordem de 350 mm. Tal fato teve graves consequências sobre o Rio São Mateus, que apresentou uma redução significativa de sua vazão, o mesmo foi verificado em represas e demais cursos d'água o que levou a proibição da captação para irrigação (INCAPER, 2016c).

Para Almeida (2010) deve se levar em conta que o regime hidrológico de um rio pode ser alterado, como por exemplo, com a construções de represas e captação de água, essas modificações podem causar problemas como contaminação, redução da vazão e velocidade, aumento das águas paradas, aumento do depósito de sedimentação entre outros.

Para o acompanhamento das mudanças das características qualitativas da água é necessário ferramenta de subsídio a tomadas de decisões e como forma de proteger os recursos hídricos e seus usos múltiplos (BRAGA et al., 2006). A escassez hídrica leva a falta de água de boa qualidade, aumentando a preocupação na utilização eficiente dos volumes destinados à agricultura, porém os conflitos entre os usos também aumentam (MAROUELLI et al., 2011).

A qualidade da água é um aspecto fundamental para o êxito da utilização de sistemas irrigados, no entanto, a avaliação da qualidade, muitas vezes é negligenciada no momento da elaboração de projetos (MANTOVANI et al., 2006).

A degradação da qualidade da água pode causar danos à irrigação levando ao comprometimento e maiores gastos de operacionalização de sistemas de irrigação (BELIZÁRIO et al., 2014).

Algumas variáveis devem ser analisadas para caracterizar a qualidade da água a ser utilizada como: ferro total e reduzido, condutividade elétrica, temperatura, sólidos suspensos e solúveis, pH, dureza total, alcalinidade e outros.

O pH é uma variável química que pode indicar o risco de obstrução de tubulações e emissores em sistemas localizados. Águas com valores de pH acima de 7 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza (NAKAYAMA e BUCKS, 1986).

A dureza consiste na presença de sais alcalinos terrosos como cálcio e magnésio e em quantidades elevadas causa problemas como incrustações nas tubulações e caldeiras, dada sua tendência de formar sais insolúveis como carbonatos e sulfatos (SILVA et al., 2011).

Segundo Almeida (2010) a condutividade elétrica da água é a variável que determina o potencial que a água possui de salinizar o solo levando em consideração o total de sais presente na água sem especifica-los. A salinidade e a sodicidade são

os problemas mais comuns oriundos da água de irrigação além da toxicidade às plantas.

Altas concentrações de ferro é um grave problema para água de irrigação em decorrência da sua capacidade de formar precipitados que podem obstruir os emissores dos sistemas de irrigação. Tais precipitados geralmente se formam após a oxidação do  $\text{Fe}^{+2}$  para  $\text{Fe}^{+3}$ , e concomitante precipitação na forma de oxihidróxidos de  $\text{FeO}(\text{OH})_{(s)}$ , os quais se acumulam nas paredes dos tubos, levando a perdas e alterações no sistema de irrigação (HERNANDEZ et al., 2001). A concentração de ferro total superior a  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  na água de irrigação geralmente resulta no desenvolvimento de ferrobactérias e na formação de precipitados que obstruem tubulações e emissores, danificando o sistema e elevando os gastos com manutenção (NAKAYAMA e BUCKS, 1986).

A turbidez e o teor de sólidos suspensos são também importantes parâmetros de avaliação da qualidade da água para irrigação, ambos são indicadores da presença de argilas, sedimentos e microrganismos que também contribuem para ocorrência de entupimentos nos sistemas de irrigação. Em particular, estas variáveis sofrem grande interferência sazonal, geralmente seus maiores valores são registrados no período de chuvas, o que ocorre em função do carreamento de solos e erosão das margens dos rios pela ação do fluxo de água que transporta elementos tais como, silte, areia, argila e outras partículas que ficam dispostas no corpo hídrico. Os valores da turbidez e teor de sólidos suspensos são também afetados pela presença de detritos orgânicos, algas, bactérias, entre outros ou ainda, causas antrópicas, remoção da cobertura do solo, remoção de matas ciliares, urbanização, e principalmente, lançamento de efluentes industriais e esgoto doméstico (SABESP, 1999; ANA, 2018; SANTOS, 2010).

O aumento da turbidez está relacionado a uma quantidade maior de partículas captada pelo sistema de irrigação, aumentando os custos de tratamento e frequência dos serviços de manutenção. Além disso, a alta turbidez também compromete a atividade fotossintética dos organismos aquáticos e as atividades de recreação (ANA, 2018; SILVA, et al., 2011).

Após a análise de diversas variáveis a água para irrigação pode ser classificada conforme a sua restrição de uso, com a classificação dessas águas é possível identificar potenciais riscos e propor soluções evitando impactos ao solo e ao meio

ambiente. Existem diversos métodos propostos para classificação, cada um com suas particularidades, mas praticamente todos concordam, de forma razoável com os critérios de classificação e os limites de uso estabelecidos (CORDEIRO, 2001; ALMEIDA, 2010).

## 2.2 IRRIGAÇÃO

O uso adequado da irrigação consiste em uma técnica muito importante do ponto de vista econômico e ambiental numa atividade agrícola, proporcionando economia de água, energia, aumento da produtividade da cultura, melhoria na qualidade do produto e redução de mão-de-obra (BONOMO et al., 2013).

A irrigação desempenha papel importante principalmente em regiões onde as precipitações são irregulares. Proporciona a ampliação da produção agrícola e a produção alimentícia (GUEDES et al., 2016). Devido ao crescimento populacional e expansão do consumo há um grande aumento da demanda sobre os recursos hídricos já que as áreas irrigadas se ampliaram ocasionando uma série de preocupações (REIS et al., 2011). As águas utilizadas na irrigação, mesmo as que apresentam baixos teores de sais se não utilizada de forma correta, podem comprometer o uso do solo e ocasionar impactos negativos na agricultura irrigada (ANDRADE et al., 2006).

Embora o gerenciamento da água aplicada nas irrigações seja um dos aspectos mais importantes para o sucesso da agricultura irrigada, no Brasil a maioria dos usuários não adota qualquer estratégia de uso e manejo racional da água de irrigação (FIGUÊREDO et al., 2008; BONOMO et al., 2014).

Segundo Cordeiro (2001) a utilização de uma água para fins de irrigação requer não somente a avaliação das condições de caráter químico que a água apresenta no momento em que é analisada, como também as características físico-químicas dos solos em que vai ser aplicada, assim como a susceptibilidade ou resistência das culturas a serem irrigadas, bem como as características hidráulicas do emissor e do método de irrigação.

A utilização dos sistemas irrigados proporciona maior produção de alimentos, fixa o homem no campo, gera empregos diretos e indiretos e contribui para o crescimento econômico. No entanto quando não realizada de forma correta ocasiona prejuízos ao ambiente dentre os quais se destacam a salinização dos solos, captação excessiva de água de mananciais e lixiviação de solutos. O excesso da irrigação

geralmente reduz a produtividade e a qualidade da produção, podendo provocar o crescimento excessivo da planta, o retardamento da maturação dos frutos, a lixiviação dos nutrientes solúveis, queda de flores, maior ocorrência de doenças e distúrbios fisiológicos, maiores gastos com energia e o desgaste prematuro do sistema de irrigação (FOLEGATTI et al., 2003; ANDRADE, 2013).

Telles e Domingues (2006) citam alguns impactos ocasionados pela irrigação como depleção excessiva da vazão ou do nível do curso d'água, rebaixamento do lençol freático, salinização do solo, disseminação de doenças de veiculação hídrica e contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Essas ações antrópicas acabam interferindo diretamente e/ou indiretamente no uso da água na agricultura irrigada, tanto em termos de quantidade e qualidade. Água de boa qualidade é de extrema importância para obtenção de produtos saudáveis e também no desempenho dos equipamentos de irrigação (FRANCO, 2008).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDO**

O monitoramento da qualidade da água, com amostragens mensais entre outubro de 2016 e novembro de 2017, foi realizado em oito represas, sendo quatro em Nova Venécia-ES (P1 a P4) das quais duas foram construídas no ano de 2016, sendo as outras duas existentes desde 2004. As outras quatro amostragens foram feitas em represas no município de São Mateus-ES (P5 a P8) sendo duas em represas construídas em 2016 e duas em represas construídas em 2000. Os pontos de coletas são apresentados na tabela 1. A classificação climática segundo Köppen para o norte do ES é tropical com verões chuvosos de novembro a fevereiro, e invernos secos, de maio a setembro.

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas e ano da construção dos pontos de coleta de Nova Venécia (NV) e São Mateus (SM).

Pontos de amostragem	Coordenadas
P1NV (2016)	18°44'40.64"S; 40°31'38.87"O
P2NV (2004)	18°45'22.82"S; 40°30'12.76"O
P3NV (2004)	18°45'09.07"S; 40°29'36.64"O
P4NV (2016)	18°45'31.05"S; 40°29'53.12"O
P5SM (2000)	18°68'16.22"S; 40°06'04.12"O
P6SM (2016)	18°68'82.02"S; 40°05'33.77"O
P7SM (2000)	18°73'49.42"S; 40°09'76.68"O
P8SM (2016)	18°75'86.02"S; 40°08'32.15"O

A formação geológica do município de Nova Venécia é caracterizada por rochas cristalinas pré-cambrianas, relevo acidentado e drenagem tipo dendrítica. Já o município de São Mateus é uma região de tabuleiros costeiros formado por sedimentos continentais da FB (terciário), dissecado por uma rede hidrográfica subparalela, com vales amplos de fundo chato colmatados por sedimentos quaternários (ANTONGIOVANNI et al., 2005).

### 3.2 PONTOS AMOSTRAIS EM NOVA VENÉCIA

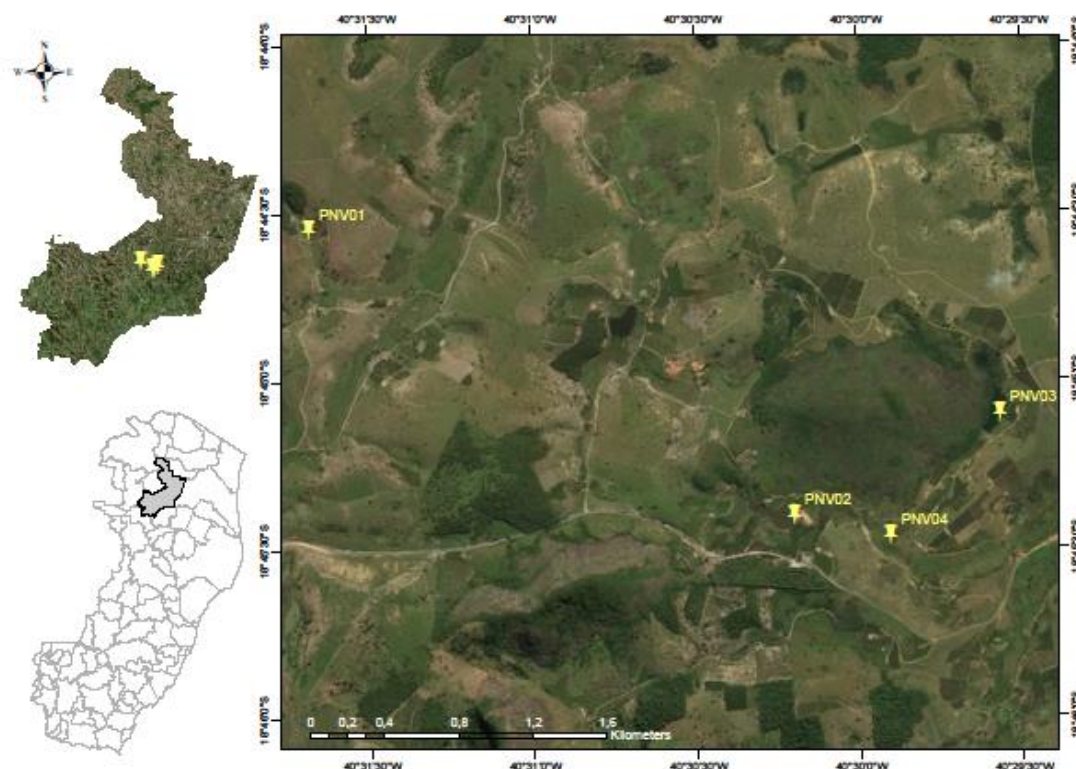
O ponto (P1) consiste em uma represa construída no ano de 2016, sujeita a baixa demanda para irrigação, e tem em seu entorno a pastagem como vegetação predominante. A represa do ponto (P2) foi construída em 2004, suas águas possuem alta demanda para irrigação a paisagem em seu entorno é constituída por pastagem, café, pimenta do reino e eucalipto. Apresenta afloramento de algumas rochas graníticas e casas. O ponto (P3) refere-se a uma represa construída em 2004, com alta demanda para irrigação. A paisagem em seu entorno é constituída por cultivo de café, um pequeno fragmento de mata e uma casa e está localizada ao lado de uma grande rocha granítica. A represa do ponto (P4) foi construída em 2016, suas águas são muito utilizadas para irrigação, em suas adjacências a pastagem, plantios de café e pimenta-do-reino, sendo que o seu interior apresenta muita vegetação. A área alagada e a profundidade das represas podem ser visualizadas na tabela 2.



**Tabela 2.** Área alagada e profundidade das represas de Nova Venécia.

Pontos de amostragem	Área alagada (m <sup>2</sup> )	Profundidade (m)
P1NV (2016)	20.909	6
P2NV (2004)	18.388	4
P3NV (2004)	17.441	4
P4NV (2016)	30.894	3

A distribuição espacial destes pontos de amostragem pode ser visualizada na figura 1.



Fonte. Geobases (2010).

**Figura 1.** Pontos amostrais do município de Nova Venécia.

### 3.3 PONTOS AMOSTRAIS EM SÃO MATEUS

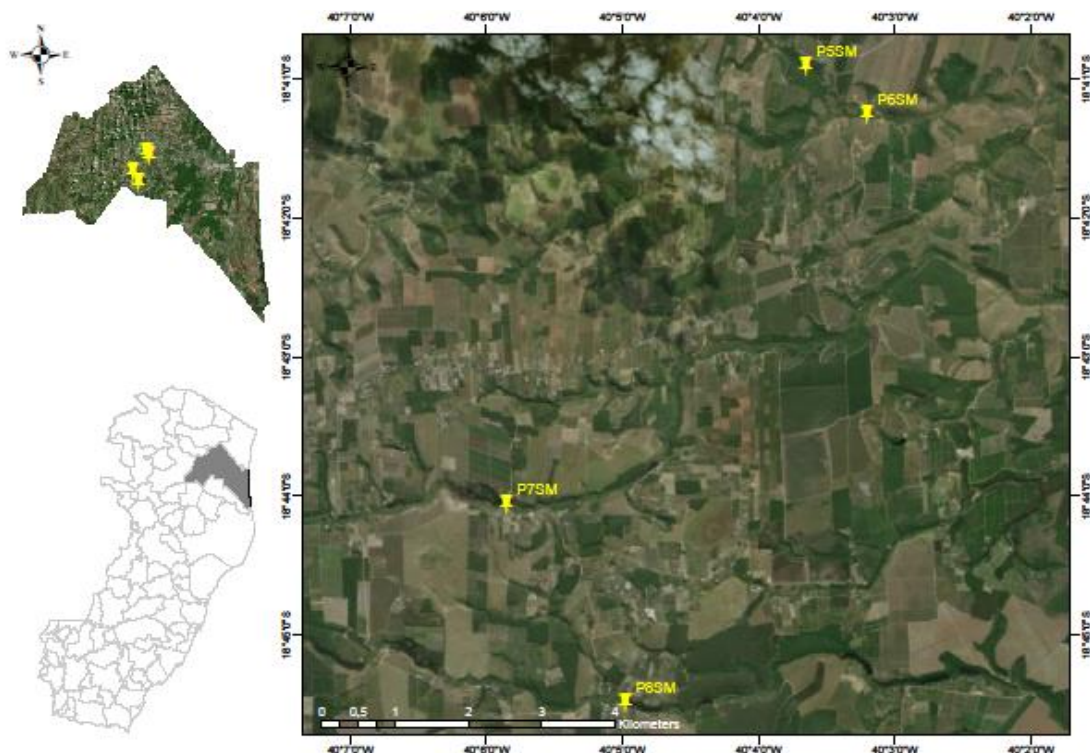
O ponto (P5) refere-se a uma represa construída no ano de 2000 está situada entre um pequeno fragmento florestal e no seu interior ainda há troncos de árvores, e suas águas possuem alta demanda para irrigação. A represa do ponto (P6) foi construída em 2016, e a vegetação predominante em seu entorno é pastagem. Suas águas são utilizadas para irrigação de café e pimenta-do-reino e no seu interior existe grande desenvolvimento de vegetação e plantas aquáticas Mururé Marrequinha (*Salvinia oblongifolia*). O ponto (P7) é uma represa construída em 2000, em seu entorno a um pequeno fragmento florestal, pastagem e uma casa. Suas águas são utilizadas para irrigação de café e pimenta-do-reino. A represa do ponto (P8) foi

construída em 2016, em suas adjacências há casas, plantios de café e pimenta-do-reino. No seu interior há muita vegetação e plantas aquáticas Mururé Marrequinha (*Salvinia oblongifolia*). Nos primeiros três meses de coleta, a amostragem era feita em um poço escavado no interior da represa que apresentava águas claras, com o decorrer dos meses e a ocorrência de chuvas o volume da água aumentou, passando a coleta das amostras serem feitas no leito da represa, mas em função de suas águas serem muito utilizadas para irrigação esse volume voltou a reduzir nos meses finais das coletas. A área alagada e a profundidade das represas podem ser visualizadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Área alagada e profundidade das represas de São Mateus.

Pontos de amostragem	Área alagada (m <sup>2</sup> )	Profundidade (m)
P5SM (2000)	42.875	7
P6SM (2016)	108.729	5
P7SM (2000)	77.521	3
P8SM (2016)	33.322	3

As distribuições espaciais destes pontos de amostragem das represas do município de São Mateus podem ser visualizadas na figura 1.



Fonte. Geobases (2010).

**Figura 2.** Pontos amostrais do município de São Mateus

Todas as represas de Nova Venécia e São Mateus foram alagadas sem a remoção da vegetação na área e o material utilizado nas construções de suas barragens consiste em terra, ou seja, solo compactado. Com exceção do ponto (P1) e (P4) todas as outras represas no início das coletas apresentaram um volume de água muito baixo, em razão do longo período de estiagem pela qual passou a região, até o mês de novembro quando voltou a ocorrer significativas precipitações.

### 3.3 TÉCNICAS DE COLETA E ANÁLISE

As coletas de campo foram realizadas mensalmente no período de outubro de 2016 a novembro de 2017, na parte da manhã. Nas coletas foram utilizados frasco de um Litro, que foram mergulhados rapidamente com a abertura para baixo numa profundidade de 15 cm a 30 cm abaixo da superfície da água próximo a saída de cada reservatório, criando uma corrente artificial através da movimentação do frasco na direção horizontal. Coletaram-se as amostras em garrafas de polietileno de um litro, higienizadas e posteriormente lavadas com água da fonte de amostragem; as garrafas foram acondicionadas em caixa de isopor com bolsas de gelo e levadas ao Laboratório Agrônomo de Análise de Solo, Folha e Água da Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, Campus São Mateus. As técnicas de preservação e amostragem conforme descrito acima foram realizadas com base na NBR 9898 (1987).

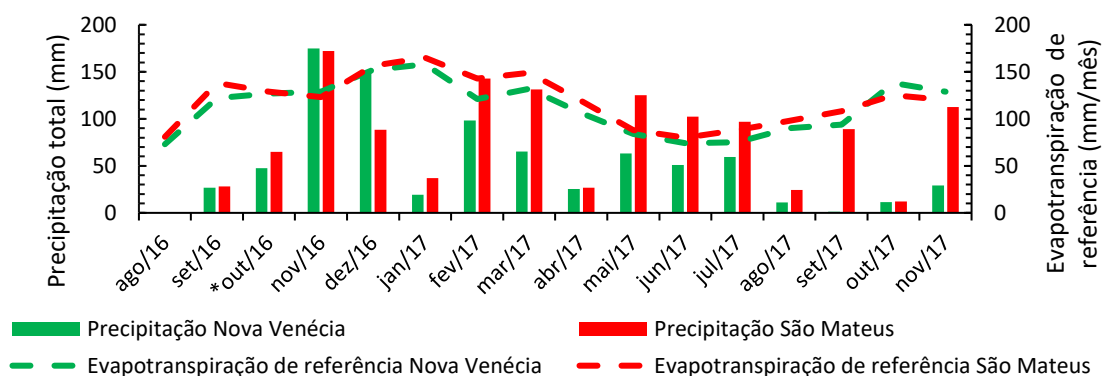
As variáveis analisadas neste estudo foram pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (CE), com sensor multiparâmetro portátil da marca Hanna HI9829, sólidos totais (ST), turbidez, ferro total ( $\text{Fe}_T$ ), ferro (II)  $\text{Fe}^{2+}$ , e ferro (III)  $\text{Fe}^{3+}$ , ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{3-}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), dureza, cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), alcalinidade ( $\text{HCO}_3^-$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), que foram realizados segundo às metodologias descritas na Tabela 4.

**Tabela 4.** Metodologias utilizadas nas análises das águas.

Variáveis	Métodos	Refêrências
pH	Potenciométrico	Manual de Instruções HI 9829
Temperatura (° C)	Termoresistivo	Manual de Instruções HI 9829
OD (mg L <sup>-1</sup> )	Polarográfico	Manual de Instruções HI 9829
CE (dS m <sup>-1</sup> )	Potenciométrico	Manual de Instruções HI 9829
Turbidez (NTU)	Nefelométrico	APHA (1998)
SO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Nefelométrico	CETESB (1992)
Fe <sub>T</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Colorimétrico	ABNT/NBR13934 (1997)
Fe <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Colorimétrico	ABNT/NBR13934 (1997)
Fe <sup>3+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Calculado (Fe <sub>T</sub> - Fe <sup>2+</sup> )	-
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Colorimétrico	ABNT/NBR 12772 (1992)
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Fotometria de chama	OKUMURA, et al, (2004)
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Fotometria de chama	OKUMURA, et al, (2004)
ST (mg L <sup>-1</sup> )	Gravimétrico	ABNT/NBR10664 (1989)
Dureza (mg L <sup>-1</sup> )	Volumetria com EDTA	ABNT/NBR 12621 (1995)
Ca <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Volumetria com EDTA	ABNT/NBR 13799 (1997)
Mg <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Calculado (Dureza - Ca)	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Volumetria com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	ABNT/NBR 5762 (1997)
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Volumetria com AgNO <sub>3</sub>	BACCAN et al, (2001)

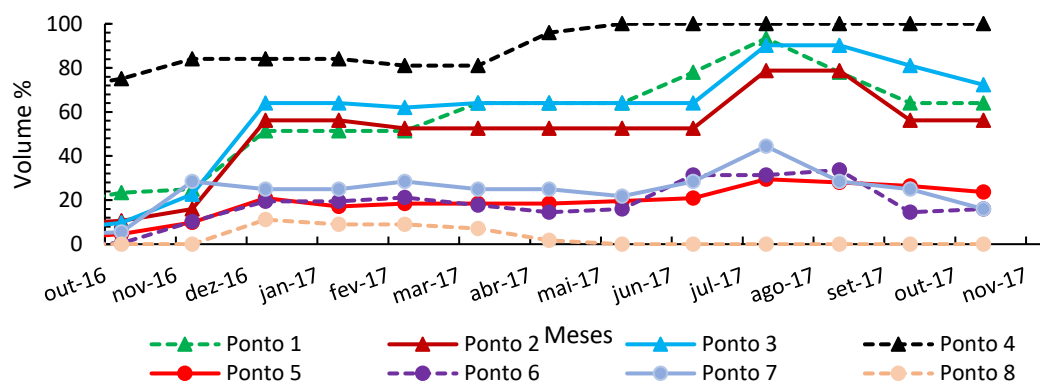
### 3.5 DADOS METEOROLÓGICOS E NÍVEL DAS ÁGUAS NAS REPRESAS

As informações das precipitações e evapotranspiração de referência para São Mateus e Nova Venécia foram obtidas a partir de informações coletadas em estações meteorológicas de observação de superfície automática do Instituto Nacional de Meteorologia, Estação A623 referente a área de NV e Estação A616 referente a área de SM como mostra a figura 3.



**Figura 3.** Precipitação e evapotranspiração total, 2 meses anterior ao início das coletas e durante os meses de coleta, registradas pelas estações meteorológicas. \*Mês de início das análises.

O volume de água das represas foi registrado pela leitura da régua de nível de cada represa, sendo na figura 4 representado o volume relativo observado ao longo do período de amostragem.



**Figura 4.** Volume de água nas represas expresso em porcentagem durante os meses de coleta.

### 3.6 PROCESSAMENTO E REPRESENTAÇÃO DE DADOS

Os dados de qualidade de água foram classificados conforme as referências específicas para caracterização dos potenciais de dano aos sistemas de irrigação, conforme a tabela 5. A análise foi realizada empregando estatística descritiva (mínimo, máximo, média e desvio padrão), sendo os dados distribuídos de acordo com a classe de risco de danos (normal ou alto para os parâmetros cálcio, magnésio, turbidez e ortofosfato, adequado ou inadequado para oxigênio dissolvido e baixo, médio ou alto para os parâmetros ferro total, CE pH e sólidos totais).

**Tabela 5.** Classificação empregada para fins de irrigação

Problema	Variáveis avaliadas	Classificação utilizada
Dano ao sistema de irrigação	Sólidos totais (ST)	Nakayama e Bucks (1986)
	Fe <sub>T</sub>	
	pH	Ayers e Westcot (1991)
	Ca, Mg e dureza	
	Ortofosfato	CONAMA (2005)
	OD	Ayers e Weastcot (1987)
	Turbidez	
	CE	

Através do programa QualiGraf (MÖBÜS, 2017), uma ferramenta para auxiliar na verificação dos dados e sua representação gráfica, foram elaborados os diagramas de Piper, para classificação da água para fins de irrigação (SAR vs CE) e verificado o balanço iônico dos dados obtidos.

Inicialmente foi verificado o balanço iônico, Equação (1), para verificar se os dados obtidos apresentam equivalência entre as concentrações totais de cátions e ânions determinados com as análises químicas das amostras, que devem respeitar ao princípio da eletro neutralidade. Dados estes apresentados no apêndice.

$$\text{Balanço iônico} = \{(\sum \text{cátions} - \sum \text{ânions}) \div (\sum \text{cátions} + \sum \text{ânions})\} \times 100 \quad (1)$$

Para a classificação das águas para irrigação utilizou a classificação proposta pelo United States Salinity Laboratory (USSL) sendo calculado o SAR - Sodiun Adsorption Ration, ou RAS- Razão de Adsorção de Sódio, que é utilizado, juntamente com a condutividade elétrica, quanto maior o SAR menos apropriada a água será para irrigação. O SAR é uma razão que indica a percentagem de sódio contido numa água que pode ser adsorvido pelo solo, e é calculado através da equação (2) (USSL, 1954).

$$\text{SAR}^\circ = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}} \quad (2)$$

Em que:

SAR = Razão de Adsorção de Sódio

$\text{Na}^+$  = Concentração de sódio em meq L<sup>-1</sup>

$\text{Ca}^{2+}$  = Concentração de cálcio em meq L<sup>-1</sup>

$\text{Mg}^{2+}$  = Concentração de magnésio em meq L<sup>-1</sup>

De acordo com essa classificação as águas são divididas em cinco classes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e C<sub>5</sub> no que se refere a sua condutividade elétrica (CE) e outras cinco classes no que se refere a Sodicidade S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub>. A classificação da CE e a SAR juntas permite estabelecer os diferentes tipos de água. Na tabela 6 são apresentados os limites propostos por USSL (1954):

**Tabela 6.** Risco de salinização segundo a CE.

<b>Classe</b>	<b>CE (dS m<sup>-1</sup> a 25 °C)</b>	<b>Considerações</b>
<b>C<sub>0</sub></b> Salinidade Nula	< 0,1	Águas de salinidade fraquíssima
<b>C<sub>1</sub></b> Salinidade baixa	0,1 - 0,25	Poucas chances de salinização
<b>C<sub>2</sub></b> Salinidade média	0,25 - 0,75	Pode ser usada com certo grau de lixiviação e plantas tolerantes
<b>C<sub>3</sub></b> Salinidade alta	0,75 - 2,25	Requer lâmina de lixiviação e solo bem drenado, plantas tolerantes
<b>C<sub>4</sub></b> Salinidade muito alta	2,25 - 5,00	Os solos devem ser permeáveis, a drenagem adequada, devendo aplicar um excesso d'água; devem ser selecionados cultivos altamente tolerantes.
<b>C<sub>5</sub></b> extremamente alta	5,00 - 20,00	São águas utilizáveis apenas em solos excessivamente permeáveis e muito bem cuidados. A única exceção, o cultivo de palmeiras.

**Fonte:** Adaptado, USSS (1954).

A classificação das águas de irrigação no que se refere ao SAR se baseia no efeito do sódio nas condições físicas do solo, o qual pode causar problemas de infiltração em função da redução da permeabilidade. Segundo USSS (1954). A divisão da água como base valores limites de SAR em função da CE tem a classificação mostrada na tabela 7:

**Tabela 7.** Perigo de sodificação ou alcalinização segundo a SAR.

<b>Classe</b>	<b>SAR</b>	<b>Considerações</b>
<b>S<sub>1</sub></b> Água com baixo concentração de sódio	$SAR \leq 18,87 - 4,44 \log CE$	Pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.
<b>S<sub>2</sub></b> Água com média concentração de sódio	$18,87 - 4,44 \log CE < SAR \leq 31,31 - 6,66 \log CE$	Só pode ser utilizada em solos de boa permeabilidade
<b>S<sub>3</sub></b> Água com alta concentração de sódio	$31,31 - 6,66 \log CE < SAR \leq 43,75 - 8,87 \log CE$	Necessidade de aplicar práticas especiais de manejo do solo requer boa drenagem, alta lixiviação e uso de gesso
<b>S<sub>4</sub></b> Água com concentração muito alta em sódio	$SAR > 43,75 - 8,87 \log CE$	É inadequada para irrigação, exceto quando sua salinidade é baixa ou média e quando a dissolução de cálcio do solo e a aplicação de gesso.

**Fonte:** Adaptado, USSL (1954).

Com intuito de classificar as águas das represas e identificar as variações das concentrações dos íons dominantes foi elaborado o diagrama de Piper, para os diferentes pontos durante os meses de análises.

## 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O controle de qualidade das análises realizadas foi realizado mediante a constante calibração dos sensores, análise de amostras fortificadas com quantidades conhecidas de cada constituinte e verificação do balanço iônico dos resultados obtidos. No geral, as determinações atenderam aos critérios de controle apresentando uma precisão e exatidão melhores que 10%. Apenas algumas amostras com baixos teores de íons não atenderam aos critérios de aceitação para o balanço iônico, em particular as amostras cujos constituintes encontravam-se em concentrações próximas aos limites de detecção dos métodos empregados.

### 4.1 RISCOS AOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A distribuição dos dados de estatística descritiva da variável sólidos totais (ST) e a classificação de acordo com o risco de danos ao sistema de irrigação estão



apresentadas na tabela 8. Onde todas as represas apresentaram mais de 63% das amostras com alto risco de dano ao sistema de irrigação.

Os valores máximos, exceto o P8, foram obtidos nos meses de novembro e dezembro de 2016, isso ocorreu porque as regiões passaram por um longo período de estiagem, o que reduziu cobertura vegetal em seu entorno e consequentemente deixou o solo exposto e, portanto, suscetível a erosão e carreamento no período de chuvas ocorridas entre novembro e dezembro de 2016.

Observações semelhantes foram feitas por Ribeiro et al. (2005 a) e Franco (2008) que notaram que com volume maior de chuvas de verão houve contribuição da água das enxurradas, o que acarretou aumento na concentração de sólidos.

**Tabela 8.** Distribuição dos resultados de sólidos totais de acordo com os padrões de danos para a irrigação.

irrigação:							
Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Potencial de dano ao sistema de irrigação		
					Baixo	Médio	Alto
<sup>1</sup> Sólidos totais	mg L <sup>-1</sup>				(% das amostras)		
Ponto 1	66	254	121	47	0	29	71
Ponto 2	37	285	140	60	7	14	79
Ponto 3	21	200	123	55	21	7	71
Ponto 4	52	274	184	61	0	7	93
Ponto 5	36	219	114	50	7	29	64
Ponto 6	160	488	268	79	0	0	100
Ponto 7	78	240	139	48	0	21	79
Ponto 8	53	578	480	174	0	7	93

<sup>1</sup> Baixo (< 50 mg L<sup>-1</sup>); médio (50-100 mg L<sup>-1</sup>); alto (> 100 mg L<sup>-1</sup>).

**Fonte.** Nakayama & Bucks (1986)

As represas P1, P4, P6 e P8 apresentaram os maiores números de amostras com médio ou alto risco, isso pode ser explicado por serem represas construídas a pouco tempo e sujeitas a maiores carregamentos e ressuspensão de sólidos. Além disso, a ausência de matas ciliares, o descaso com as pastagens em alguns trechos e implantação da agricultura sem controle de erosão, favorecem o transporte e a deposição de materiais sólidos além de detritos orgânicos carregados pelo escoamento superficial no período de chuvas.

Os teores de sólidos totais encontrados neste trabalho são semelhantes aos obtidos por Vanzela (2004) e Fioravanti et al. (2004), no córrego Três Barras no município de Marinópolis - SP que verificaram altas concentrações de sólidos

suspensos e com potencial dano ao sistema de irrigação.

Segundo o estudo de Mello et al. (2012) os valores de erosividade e precipitação para a região de São Mateus no norte do Espírito Santo, variaram de 4.142 a 6.258 MJ ha<sup>-1</sup> mm h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, e, para precipitação, foram registrados valores inferiores a 1.091 mm anuais, com exceção da sua faixa litorânea. Sendo a região enquadrada, em grande parte, com moderado potencial erosivo. Assim os dados deste trabalho refletem uma condição que deve preponderar na maioria das represas da região norte do ES, uma vez que toda a região tem similar suscetibilidade à erosão.

Em um estudo sobre morfometria e qualidade da água em microbacias do município de Guaçuí-ES, Gomes (2012) encontrou recomendações moderadas para 10% de suas amostras de sólidos suspensos no período de chuvas, e afirma que essa ocorrência é compreensível devido as constantes movimentações de terras para o preparo do solo para plantio e capinas de culturas.

Em estudos desenvolvidos por Ribeiro et al. (2005b) em sistemas de irrigação localizada que utilizaram filtros para retenção de partículas, observaram que para valores de até 20,0 mg L<sup>-1</sup> de sólidos suspensos houve um aumento no número de retrolavagem dos filtros, devido à perda de carga em função do volume filtrado.

A formação de incrustações e sólidos nas tubulações reduzem a passagem da água podendo até chegar à obstrução total, o que impede distribuição de água e de solução nutritiva. Este problema pode ser evitado pela disposição dos elementos como: filtros de areia, de tela ou de disco e uma solução em longo prazo, seria a recomposição de matas ciliares no entorno destas represas, dando preferência a espécies mais tolerantes a períodos de seca, já que a região apresenta déficit hídrico pronunciado, dificultando o estabelecimento da vegetação.

A distribuição dos valores de estatística descritiva da turbidez e sua classificação de acordo com o risco de danos ao sistema de irrigação são apresentados na tabela 9.

**Tabela 9.** Distribuição dos resultados da Turbidez de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Potencial de dano	
Turbidez <sup>1</sup>		NTU			Baixo	Alto
					(% das amostras)	
Ponto 1	8	115	20	36	86	14
Ponto 2	3	61	10	18	100	0
Ponto 3	7	32	10	7	100	0
Ponto 4	3	25	13	7	100	0
Ponto 5	2	29	9	8	100	0
Ponto 6	17	82	53	20	100	0
Ponto 7	8	36	15	8	100	0
Ponto 8	5	63	20	20	100	0

<sup>1</sup> Baixo ( $\leq 100$  NTU); alto ( $> 100$  NTU).

**Fonte.** CONAMA 357 (2005).

A turbidez apresentou-se elevada apenas em 14% das amostras do ponto P1, o que implica em um alto risco de entupimento, sendo o período mais observado nos meses de novembro e dezembro de 2016 meses em que houve um volume maior de chuva e a pastagem no entorno dessa represa estava degradada em função do longo período de estiagem pela qual a região havia passado.

Valores elevados de turbidez também foram observados por Vianna et al. (2011), estudando a qualidade da água para fins de irrigação na microbacia do Rio Alegre - ES, onde encontraram valores elevados em três dos seus pontos de coleta e relacionaram esses valores a chuva ocorrida no dia anterior à coleta. Franco e Hernandez (2009) estudando a microbacia do coqueiro - SP também encontraram valores que superaram o valor permitido pela resolução CONAMA (2005), para a Classe 2.

Os demais pontos apresentaram 100% das amostras com baixo risco, ou seja, com valores abaixo de 100 NTU. Resultados semelhantes foram obtidos Vasconcelos et al. (2009).

Resultados baixos também foram obtidos por Fioravante et al. (2004) onde relata que a turbidez é um parâmetro físico que está mais relacionado com a quantidade de sedimentos em suspensão.

Valores de turbidez dentro dos limites aceitáveis pela legislação também foram encontrados por Silva et al. (2014) em sua avaliação dos parâmetros físico-químicos da água de irrigação utilizada em um pivô central em Goiânia.

Quando os dados de turbidez registrados são comparados com os dados de

sólidos totais (tabela 8) percebe-se que este último é um indicador mais sensível de potenciais riscos ao sistema de irrigação, uma vez que das oito represas estudadas apenas uma (P1 em 14% das amostras) estaria em desacordo com os padrões para uso na irrigação, o que contrasta com os resultados de sólidos totais que apontaram que todas as oito represas apresentam alto risco (>64%) de danos ao sistema de irrigação. Tal constatação permite especular que ou o valor de crítico (ou de referência) para turbidez é demasiadamente elevado (muito permissivo) ou que o valor crítico para sólidos totais é muito restritivo.

A distribuição dos dados de estatística descritiva (mínimo, máximo, média e desvio padrão) da condutividade elétrica estão apresentados na tabela 10.

**Tabela 10.** Distribuição dos resultados da condutividade elétrica (CE) de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Potencial de dano		
Condutividade elétrica <sup>1</sup>		dS m <sup>-1</sup>			Baixo	Médio	Alto
					(% das amostras)		
Ponto 1	0,06	0,13	0,09	0,02	100	0	0
Ponto 2	0,08	0,19	0,11	0,04	100	0	0
Ponto 3	0,04	0,16	0,09	0,03	100	0	0
Ponto 4	0,15	0,40	0,21	0,07	79	21	0
Ponto 5	0,09	0,19	0,11	0,03	100	0	0
Ponto 6	0,20	0,39	0,23	0,05	64	36	0
Ponto 7	0,08	0,26	0,12	0,05	93	7	0
Ponto 8	0,09	0,30	0,23	0,07	79	21	0

<sup>1</sup> Baixo (< 0,25 dS m<sup>-1</sup>); médio (0,25-0,75 dS m<sup>-1</sup>); alto (> 0,75 dS m<sup>-1</sup>).

**Fonte.** Richards (1954).

Os resultados mostram que para os pontos P1, P2, P3 e P5 há pouca chance de salinização, pois os valores encontrados estão abaixo de 0,25 dS m<sup>-1</sup>, essas águas podem ser utilizadas para irrigação da maioria dos cultivos e em quase todos os tipos de solos. As águas do ponto P7 tiveram 7% das suas amostras com um médio potencial de dano, já os pontos P4 e P8 tiveram 21% e o ponto P6 teve 36% essas águas requerem um pouco de atenção pois sua condutividade encontra-se entre 0,25 a 0,75 dS m<sup>-1</sup>, portanto devem ser utilizadas com certo grau de lixiviação e com cultivos de plantas mais tolerantes. As represas P4, P6 e P8 que apresentaram maiores médias são represas construídas recentemente e sujeitas a maiores carregamentos e dissolução de componentes dos solos o que pode ter influenciado para uma maior CE, já que essas represas não possuem lançamento de esgoto.

Reis (2011) estudando a água para irrigação em Salto do Lontra - PR encontraram valores aceitáveis para a CE com média de  $0,02 \text{ dS m}^{-1}$ , resultados semelhantes também foram encontrados por Franco e Hernandez (2009) na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo que encontraram valores de  $0,1 \text{ dS m}^{-1}$ . Já Vianna et al. (2011) na microbacia do Rio Alegre - ES observou um aumento em um dos seus pontos no decorrer do monitoramento e explicou que isto pode ter sido ocasionado pela dissolução de sais do solo carregados pelas águas da chuva, associado a origem geoquímica proveniente do solo, fato este também observado neste trabalho no mês de outubro no ponto P4, novembro nos pontos P4 e P6, dezembro no ponto P4, abril, maio e junho no ponto P8 e janeiro no ponto P7, com exceção do mês de outubro onde as represas estavam com níveis baixos de água todos os demais meses foram chuvosos ou intercalados por meses de muitas chuvas.

Os valores mínimos, máximos, médios, desvios padrões e potenciais de danos para Fe total ( $\text{Fe}_T$ ), para cada ponto monitorado durante o período encontram-se na tabela 11.

**Tabela 11.** Distribuição dos resultados de ferro total de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Potencial de dano ao sistema de irrigação		
					Baixo	Médio	Alto
<sup>1</sup> $\text{Fe}_T$			$\text{mg L}^{-1}$		(% das amostras)		
Ponto 1	0,1	1,2	0,2	0,4	50	50	0
Ponto 2	<0,1	0,6	0,2	0,2	50	50	0
Ponto 3	<0,1	0,3	0,2	0,1	36	64	0
Ponto 4	0,1	0,5	0,2	0,1	36	64	0
Ponto 5	0,1	0,6	0,3	0,1	29	71	0
Ponto 6	0,6	4,0	1,1	1,0	0	79	21
Ponto 7	0,2	1,0	0,6	0,2	0	100	0
Ponto 8	0,1	9,1	3,9	2,8	7	14	79

<sup>1</sup> Baixo (<  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ); Médio ( $0,2\text{-}1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ); Alto (>  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ )

**Fonte.** Nakayama & Bucks (1986).

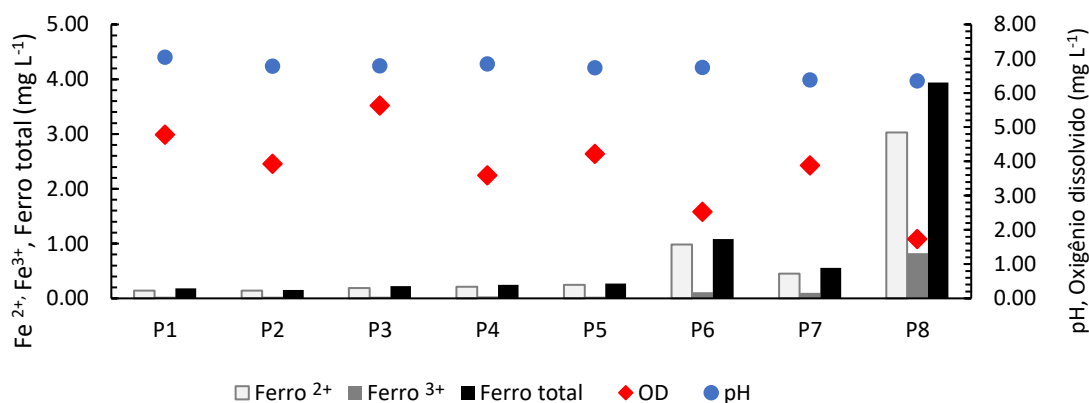
Para o  $\text{Fe}_T$  os pontos P8 e P6 requerem maior atenção, o P8 apresentou 79% das suas amostras com alto risco de entupimento, o ponto P6 apresentou-se com médio e alto risco sendo 79% e 21% respectivamente, essas represas foram construídas mais recentemente e apresentam vegetação em decomposição na porção alagada o que pode ter contribuído para maiores riscos, além de estarem localizadas na faixa de solos da formação barreiras.

As represas P3, P4 e P5 apresentaram mais de 63% das amostras com médio risco de entupimento, já o P7 apresentou 100% das amostras com médio risco, em todo período de monitoramento.

Altos teores de ferro total também foram encontrados por Vasconcelos et. al. (2009) estudando as águas do baixo Aracaju, que obtiveram mais de 63% de suas amostras com teores maiores que  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Franco e Hernandez (2009) estudando a qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro - SP verificaram que todos os pontos analisados estavam na classificação de médio a alto potencial de dano à operação dos sistemas de microaspersão e gotejamento. Moura et al. (2011), estudando a qualidade da água na microbacia do córrego do cinturão verde, município de Ilha Solteira, encontraram valores médios bem acima do permitido, sendo que um dos seus pontos de amostragem obteve  $4,1 \text{ mg L}^{-1}$  o que representa elevado risco de danos ao sistema de irrigação.

As represas P1 e P2 apresentaram melhor qualidade da água e baixo potencial de dano ao sistema de irrigação.

As concentrações médias de  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , Fe total, oxigênio dissolvido (OD) e pH estão dispostas graficamente na figura 5.



**Figura 5.** Concentrações médias de  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , Fe total, oxigênio dissolvido (OD) e pH.

As represas de São Mateus, em especial os pontos P6 e P8, apresentaram as maiores concentrações médias das formas de ferro, isso pode ser explicado em função do baixo volume de água na qual se encontravam, o que favorece a ressuspensão de sedimentos pela ação dos ventos e também a solubilização do  $\text{Fe}^{2+}$ . Tal observação é importante, pois quando a água é captada o  $\text{Fe}^{2+}$  pode oxidar e precipitar nas tubulações e emissores, obstruindo a passagem da água.

A análise conjunta das variações do  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ , ferro total, oxigênio dissolvido e pH dos pontos de captação de água (Figura 5), possibilita verificar uma correlação inversa entre as concentrações de Fe e OD, pois as represas com alta concentrações de  $\text{Fe}^{2+}$  apresentaram as menores concentrações de OD, o qual pode ter sido consumido no processo de decomposição da matéria orgânica, favorecendo assim a prevalência de condições redutoras que por sua vez permitem a solubilização da forma reduzida de ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) na água.

Ucker et al. (2013) relata que o ferro se apresenta nas formas de bicarbonato ferroso ( $\text{FeHCO}_3$ ), sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) ou complexado na forma de matéria orgânica. Em contato com o ar oxida formando hidróxido férrico  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . E nesta forma causa o entupimento dos sistemas de irrigação e ainda, a formação de mucilagem devido a presença de ferrobactérias (ALVES, 2008).

Em um estudo com sistema com aeração, decantação e filtração para a melhoria da qualidade de água em irrigação localizada, Lemos Filho et al. (2011) também observaram uma correlação inversa entre os teores de Fe e OD e que os teores de  $\text{Fe}^{+2}$  e  $\text{Fe}^{+3}$  livres foram baixos e constantes ao longo do sistema, indicando que a eficiência de remoção de ferro total deveu-se à precipitação do ferro já oxidado e presente na forma insolúvel no ponto de captação e concluíram que o sistema com aeração, decantação e filtração melhorou a qualidade da água, reduzindo os níveis de risco de entupimento de severo para médio e de médio para baixo para irrigação localizada.

De uma forma geral todas as represas apresentam risco de entupimento por ferro, para evitar a precipitação do ferro, tanto nos condutores quanto nos emissores, o ferro deve ser precipitado, por cloração ou oxigenação, e ser filtrado antes de entrar no sistema de irrigação.

Os valores de pH, e sua classificação conforme o potencial de dano é apresentado na tabela 12.

**Tabela 12.** Distribuição dos resultados do pH de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Potencial de dano ao sistema de irrigação		
					Baixo	Médio	Alto
<sup>1</sup> pH					(% das amostras)		
Ponto 1	6,7	7,4	7,0	0,2	29	71	0
Ponto 2	5,7	8,0	6,8	0,5	71	29	0
Ponto 3	6,5	9,1	6,8	0,6	79	14	7
Ponto 4	6,5	7,3	6,8	0,2	64	36	0
Ponto 5	3,8	7,5	6,7	1,1	93	7	0
Ponto 6	6,2	7,0	6,7	0,3	86	14	0
Ponto 7	5,8	6,7	6,4	0,3	100	0	0
Ponto 8	5,3	6,5	6,4	0,3	100	0	0

<sup>1</sup> Baixo (< 7); Médio (7-8); Alto (>8)

**Fonte.** Nakayama & Bucks (1986)

Com exceção do ponto P1 que apresentou 71% das amostras com um médio risco e o ponto P3 que se apresentou com 7% das amostras com alto risco, todos os outros pontos se apresentaram com mais de 50% das amostras com baixo risco de dano ao sistema de irrigação. Sendo as maiores médias para as represas do município de Nova Venécia variando entre 6,8 a 7,0. Os pontos que apresentaram os menores valores de pH foram P5 e P8 sendo respectivamente 3,8 e 5,3, tendendo assim para águas mais ácidas, já as águas mais alcalinas ocorreram nos pontos P2 e P3 com 8,0 e 9,1 respectivamente.

Almeida (2010) relata que o maior perigo das águas com valores anormais de pH está nos possíveis problemas de deterioração do equipamento de irrigação.

Os valores de pH registrados por Guedes et al. (2016) em seu estudo das águas subterrâneas e superficial da comunidade de Barro Vermelho, Ceará, para fins de irrigação, variaram entre 7 e 8, o que caracteriza uma água com médio potencial de dano. Águas naturais de superfície geralmente apresentam pH entre 6,0 e 8,5 (Libânio, 2005). Valores semelhantes foram encontrados por Leal et al. (2009) estudando as águas subterrâneas do município de Teresina, no estado do Piauí.

Avaliando a qualidade da água para irrigação em Salto do Lontra - PR, Reis et al. (2011) encontrou uma média de 7,1 e observou que todos os seus pontos amostrais apresentaram resultados aceitáveis para utilização na irrigação.

Orozco et al. (2017) em um estudo sobre o índice de qualidade da água para uma barragem de irrigação, registrou valores, relativamente constantes de pH,



variando de 8,17 a 8,61. E destacaram também que uso de águas com pH elevado podem causar problemas principalmente associados à disponibilidade de nutrientes (P, Fe, Cu, Mg e Zn).

A distribuição dos valores de estatística descritiva do ortofosfato e a classificação de acordo com o risco de danos ao sistema de irrigação durante o período de avaliação são apresentados na tabela 13.

**Tabela 13.** Distribuição dos resultados do ortofosfato de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

água para a irrigação:						
Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Potencial de dano	
Ortofosfato <sup>1</sup>		mg L <sup>-1</sup>			Baixo	Alto
					(% das amostras)	
Ponto 1	0,010	0,056	0,028	0,014	100	0
Ponto 2	0,006	0,056	0,014	0,016	100	0
Ponto 3	0,007	0,046	0,024	0,011	100	0
Ponto 4	0,004	0,025	0,011	0,006	100	0
Ponto 5	0,004	0,022	0,011	0,005	100	0
Ponto 6	0,015	0,079	0,021	0,017	100	0
Ponto 7	0,007	0,037	0,014	0,008	100	0
Ponto 8	0,013	0,094	0,029	0,021	100	0

<sup>1</sup> Baixo (< = 2 mg L<sup>-1</sup>); alto (> 2 mg L<sup>-1</sup>).

**Fonte.** Ayers e Westcot (1991).

O ortofosfato apresentou-se nas amostras de todos os pontos com baixo potencial de dano de acordo com a classificação de Ayers e Westcot (1991). A concentração máxima desse parâmetro foi obtida no P8 sendo 0,094 mg L<sup>-1</sup>, valor abaixo do considerado alto para as águas de irrigação.

Valle Junior et al. (2010) afirmam que os ortofosfatos se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas e por isso em seu estudo observaram que este não ultrapassou o limite tolerável de acordo com a resolução CONAMA 357/05 (0,020 mg L<sup>-1</sup> de P ou 0,061 mg L<sup>-1</sup> de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Apenas uma amostra do P6 e duas amostras do P8 excederam o limite Conama. O que evidencia um baixo risco de eutrofização e, por consequente uma baixa propensão a intensa floração de algas que poderiam comprometer os sistemas de irrigação.

Valores diferentes ao deste trabalho foram encontrados por Oliveira et al. (2010) que obtiveram 71% das suas amostras com valores acima do permitido e relataram que isso ocorreu devido a interferência de esgotos domésticos, identificados no local e nas proximidades de alguns trechos, observaram atividades de irrigação,

que interferem devido ao carreamento de fertilizantes para o corpo hídrico.

Os valores de estatística descritiva dos parâmetros cálcio e magnésio e a classificação de acordo com o risco de danos ao sistema de irrigação são apresentados na tabela 14.

**Tabela 14.** Distribuição dos resultados de cálcio e magnésio de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Classificação	
					Normal (% das amostras)	Alto
<b><sup>1</sup> Cálcio</b>	<b>mg L<sup>-1</sup></b>				<b>(% das amostras)</b>	
Ponto 1	2,0	4,8	3,2	0,7	100	0
Ponto 2	1,6	5,6	3,4	1,3	100	0
Ponto 3	1,6	4,0	2,4	0,6	100	0
Ponto 4	5,6	12,0	7,0	2,2	100	0
Ponto 5	1,2	8,8	2,0	2,1	100	0
Ponto 6	4,4	9,6	6,8	1,9	100	0
Ponto 7	1,6	5,6	2,8	1,3	100	0
Ponto 8	2,4	76,2	12,0	18,6	100	0
<b><sup>2</sup> Magnésio</b>	<b>mg L<sup>-1</sup></b>				<b>(% das amostras)</b>	
Ponto 1	0,5	6,3	1,8	1,6	100	0
Ponto 2	0,5	6,3	1,7	1,4	100	0
Ponto 3	0,5	7,3	1,5	1,7	100	0
Ponto 4	2,9	17,0	3,8	4,0	100	0
Ponto 5	1,5	5,3	2,7	1,1	100	0
Ponto 6	1,5	11,2	5,5	2,1	100	0
Ponto 7	2,7	11,2	5,2	3,0	100	0
Ponto 8	<0,1	24,3	8,3	7,6	100	0

<sup>1</sup>Normal (< 400 mg L<sup>-1</sup>); Alto (> 400 mg L<sup>-1</sup>). <sup>2</sup>Normal (< 60 mg L<sup>-1</sup>); Alto (> 60 mg L<sup>-1</sup>).

**Fonte.** Ayers e Westcot (1986).

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que os valores médios, tanto para cálcio quanto magnésio podem ser considerados baixos e não oferecem nenhum tipo de risco de danos ao sistema de irrigação, sendo 100% das amostras classificadas como normais. Os valores máximos para o cálcio e magnésio foram encontrados nos pontos P4 e P8 com 12,0 e 76,2 mg L<sup>-1</sup> e 17,0 e 24,3 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, valores esses muito abaixo dos valores preocupantes para uso da água na irrigação.

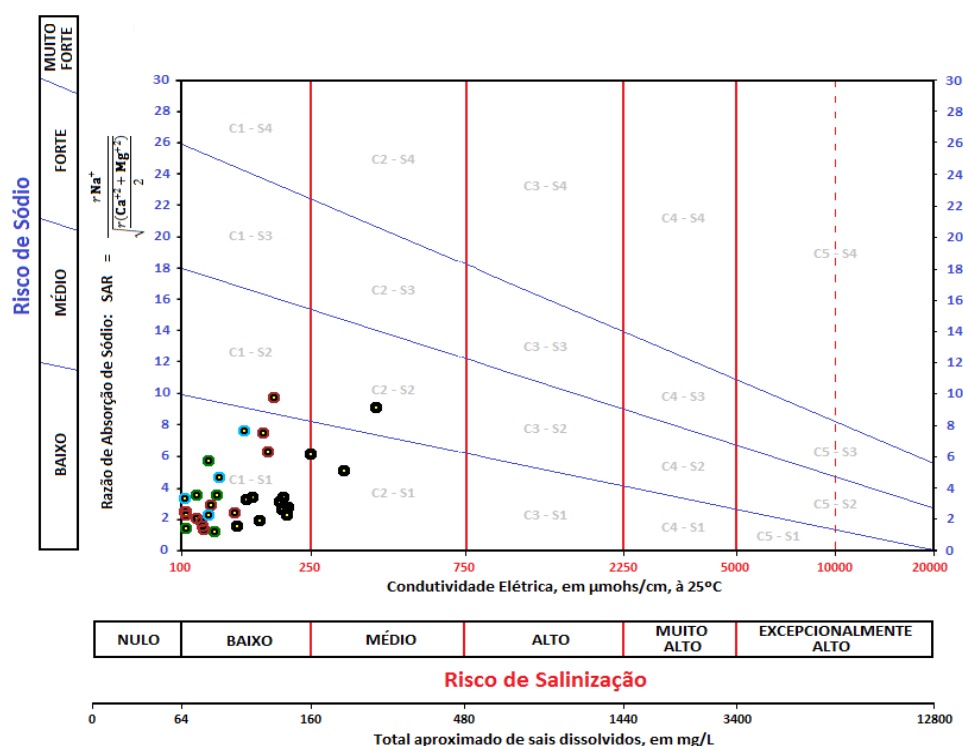
Valores semelhantes ao deste trabalho foram encontrados por Orozco et al. (2017) que encontrou concentrações de Ca e Mg variando de 5,09 a 7,25 mg L<sup>-1</sup> e de 5,57 a 6,20 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Estudando a qualidade da água para uso em irrigação na microbacia do Córrego do Cinturão Verde Moura et al. (2011) também observou que para o cálcio todas suas amostras se enquadraram na classificação normal, sendo o maior valor encontrado de 64 mg L<sup>-1</sup> e o menor de 13 mg L<sup>-1</sup>. Baixas concentrações de Ca e Mg também foram registradas por Vanzela (2004) estudando a microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis - SP, de modo similar, baixos teores de Ca e Mg foram medidos por esse trabalho nas oito represas.

Valores médios para o magnésio de 46,72 mg L<sup>-1</sup> foram encontrados por Franco e Hernadez (2009) e observaram que a maioria das suas amostras se enquadraram dentro da classificação normal.

#### 4.2 QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

As classificações das águas para irrigação de acordo com a metodologia do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos são apresentadas nas figuras 6 e 7 para as represas de NV e SM respectivamente.



**Figura 6.** Classificação das águas de irrigação para pontos de Nova Venécia. Ponto 1 ●, Ponto 2 ●, Ponto 3 ●, Ponto 4 ●.

Observa-se que 96% das amostras (figura 6) foram classificadas como S<sub>1</sub> e o

restante como  $S_2$  sendo esses 4% registrados no mês de outubro de 2016 em amostras do ponto P2 e P4.

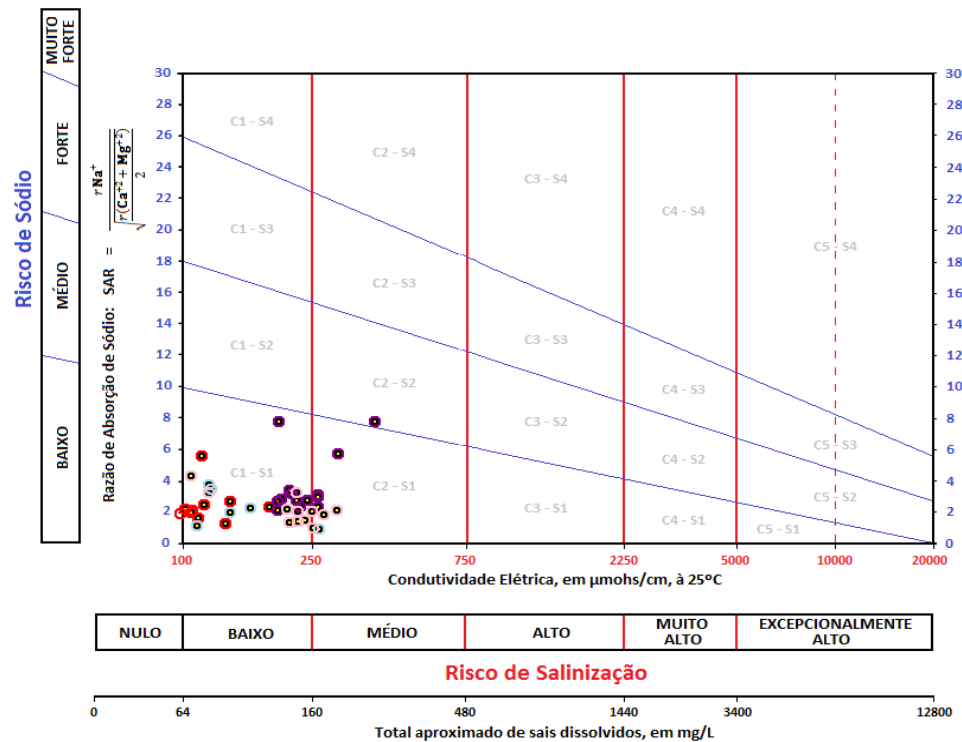
Para o risco de salinização, representado no eixo x, 36% das amostras apresentaram um risco nulo  $C_0$ , 61% mostraram-se na classe  $C_1$ , e 4% na classe  $C_2$  sendo esses 4% referente aos meses de outubro e novembro com 48 mm e 175 mm de chuva respectivamente, em amostras do ponto P4.

Os meses de outubro e novembro que apresentaram alterações para o SAR e CE passavam por um longo período de estiagem levando as represas a um volume baixo de água, dada a baixa reposição e elevadas perdas por evaporação, influenciando em sua qualidade. No entanto as águas das represas se mostraram com predominância de baixo risco de sodicidade e salinidade. Vasconcelos et al. (2009) estudando a água da microbacia do Baixo Acaraú para fins de irrigação não encontraram restrições de uso no que diz respeito a salinidade e sodicidade.

Lobato et al. (2008) estudando a sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito de Baixo Acaraú, Ceará, observaram que no período chuvoso as águas variaram entre as classes  $C1S1$  e  $C2S1$  e atribuiu essa variação ao regime irregular das chuvas, no período seco, ao contrário do chuvoso, não se observou nenhuma variação, visto que todas as amostras ficaram inseridas na classe  $C2S1$ .

Avaliando a qualidade das águas subterrâneas em um rio da Índia, Singh et al. (2012) observaram que 73% das amostras podem ser consideradas adequadas para fins de irrigação, mas chama a atenção para águas com valores elevados de sódio que geralmente não são adequadas para irrigação, uma vez que deposição elevada de sódio nos solos pode deteriorar suas características de permeabilidade e estrutura (SINGH et al., 2006 ).

A classificação das águas para irrigação no município de São Mateus é apresentada na figura 7.



**Figura 7.** Classificação das águas de irrigação para pontos de São Mateus. Ponto 5 ●, Ponto 6 ●, Ponto 7 ●, Ponto 8 ●.

Observa-se na figura 8 que 98% das amostras foram classificadas como S<sub>1</sub> e o restante como S<sub>2</sub> sendo esses 2% registrados no mês de novembro de 2016 em amostra do P6.

Para o risco de salinização 27% das amostras apresentaram um risco nulo C<sub>0</sub>, 57% mostraram-se na classe C<sub>1</sub> e 16% na classe C<sub>2</sub> referentes a cinco amostras do P6 nos meses de novembro, dezembro, abril, maio e junho, uma amostra do P7 no mês de janeiro e três amostras do P8 nos meses de abril, maio e junho. As represas P6 e P8 que apresentaram um risco de salinização um pouco maior que as demais, são represas construídas recentemente e com bastante vegetação em decomposição em seu interior e um baixo volume de água, esses fatores podem ter contribuído para a piora na qualidade de suas águas. As represas deste município também possuem predominância de águas com baixo risco de sodicidade e salinidade.

As represas de Nova Venécia e São Mateus apresentaram suas águas em classes S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub>, classe S<sub>1</sub> pode ser usada para a irrigação na maioria dos solos com pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável, já para as águas em classe S<sub>2</sub> devem ser utilizadas em solos de boa permeabilidade.

Para o risco de salinização os pontos foram classificados nas classes C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>

e C<sub>2</sub>, a classe C<sub>0</sub> não apresenta risco de salinização e a C<sub>1</sub> apresenta poucas chances de salinização, já as águas da classe C<sub>2</sub> devem ser utilizadas aplicando um certo grau de lixiviação e optar por plantas mais tolerantes.

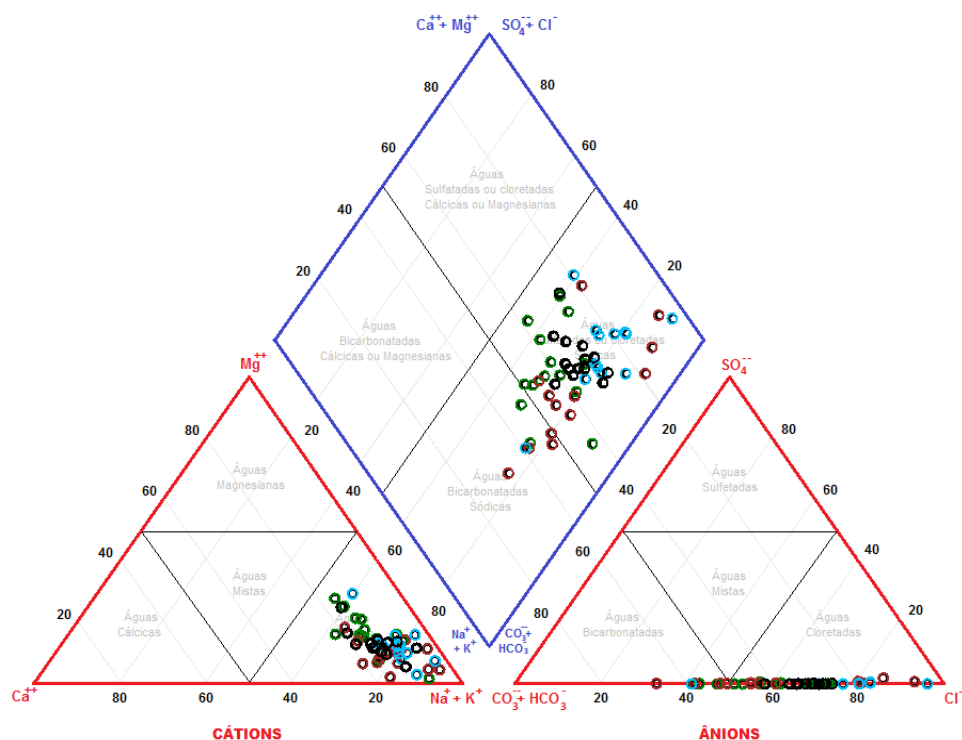
Os resultados obtidos por Guedes et al. (2016) mostraram que de acordo com o diagrama do USDA as águas superficiais e subterrâneas foram classificadas como C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, sendo que sua maioria está como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>.

Koffi et al. (2017) em um estudo no norte da Gana relata que todas as amostras possuem valores SAR baixos, variando de 0,346 a 1,693 meq L<sup>-1</sup> e, portanto, são adequados para irrigação. No que diz respeito à CE, na área de estudo é inferior a 0,75 dS m<sup>-1</sup> e a salinidade varia de baixo para salinidade média, resultados parecidos com os deste estudo.

Estudando variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas em reservatório da região semiárida para fins de irrigação Sales et al. 2014, obteve tanto no período seco como chuvoso, um risco de salinidade de baixo a médio e um risco de sodicidade baixo.

#### 4.3 CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS

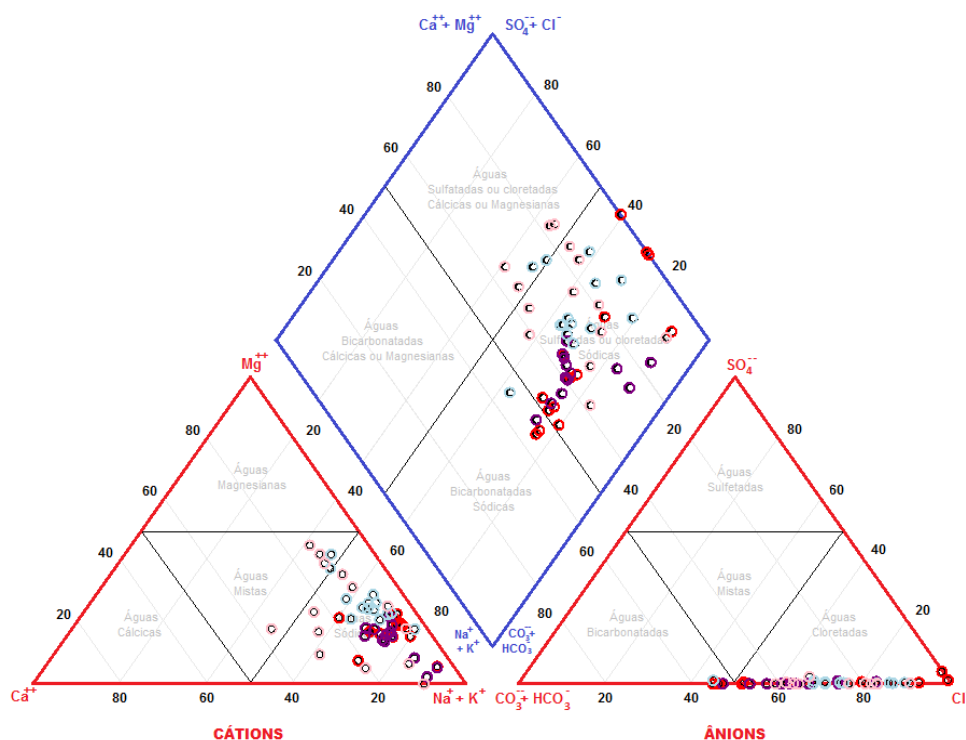
É apresentado nas figuras 8 e 9 a classificação das águas das represas de Nova Venécia e São Mateus, respectivamente usando o diagrama de Piper.



**Figura 8.** Diagrama de Piper para pontos de Nova Venécia. Ponto 1 ●, Ponto 2 ●, Ponto 3 ●, Ponto 4 ●.

As amostras de Nova Venécia apresentaram composição majoritariamente sódica. O conteúdo de ânions classifica as águas entre cloretadas (88%) e bicarbonatadas (12%), com baixíssimos teores de sulfato.

A transição de cloretada para bicarbonatadas foram identificadas em amostras do mês de março nos pontos P1, P2 e P3, no mês de abril nos pontos P1 e P2 e nos meses de julho e agosto no ponto P2 o que coincide com o final do período de chuvas, após diversos meses com elevadas taxas de radiação solar e consequente altas taxas fotossintéticas e produção primária que contribuem para elevar a concentração de bicarbonato das águas. As concentrações médias foram:  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ .



**Figura 9.** Diagrama de Piper para pontos de São Mateus. Ponto 5 ●, Ponto 6 ●, Ponto 7 ●, Ponto 8 ●.

As amostras de São Mateus apresentaram composição variada, 89% sódica, 11% mista. A transição de sódica para mista foi registrada nos meses de janeiro e fevereiro no ponto P7 e abril, julho, agosto e outubro no ponto P8 essa transição ocorreu nos meses chuvosos ou em meses secos mais intercalados por períodos chuvosos. Com relação aos ânions 93% das amostras são cloretadas e 7% bicarbonatadas, a transição foi identificada nas amostras do mês de março no ponto P7, julho no ponto P5 e P6 e no mês de agosto no ponto P5, meses que coincidem com o final do período chuvoso do município. Tais alterações associadas aos períodos de chuvas devem refletir uma maior contribuição da descarga subterrânea, que é rica em  $\text{Ca-HCO}_3^-$ , dada possibilidade de ocorrência de carbonatos no subsolo. As concentrações médias foram:  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ .

Resultados semelhantes foram encontrados por Barroso et. al. (2011) estudando águas na região do Jaguaribe no Ceará onde a maior parte das amostras se enquadraram na classe de águas sódicas, e o restante foram classificadas como mistas e com relação aos ânions as águas foram classificadas como cloretadas seguidas por bicarbonatadas e mistas.



No estudo desenvolvido por El-Aziz (2017) a análise química para a região da Líbia mostrou que os cátions dominantes nas águas subterrâneas investigadas foram  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Na}^{+}$  e os ânions dominantes foram  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^{-}$ .

Conforme apresentado nos diagramas de Piper tanto as represas de Nova Venécia quanto as de São Mateus são classificadas como águas sódicas cloretadas, porém sem expressivas concentrações de sódio e, portanto, impondo baixo risco para sua utilização na irrigação. Fatores como intemperismo de feldspato e montmorilonita geram íons  $\text{Na}^{+}$  e  $\text{K}^{+}$  solúveis, os processos de troca de cátions e atividades agrícolas também podem ter contribuído para as flutuações composicionais registradas na área de estudo (NAIDU et al., 1985; SINGH et al., 2011).

Guedes et al. (2016) também encontraram predominância da classe de águas cloretadas sódicas, mostrando a predominância do sódio em relação aos demais íons.

No mês de outubro de 2016 no ponto P3 e nos meses de fevereiro 2016 a novembro de 2017 no ponto P8 os teores de cloreto foram mais elevados, o que pode causar a toxicidade principalmente se absorvido pela raiz (ALMEIDA, 2010). Em meio natural, o cloreto é oriundo da dissolução de minerais ou mesmo da intrusão de água marinha, além de ser proveniente dos despejos de efluentes domésticos e industriais, e de águas utilizadas na irrigação de lavouras (VON SPERLING, 1996).

Em um estudo feito por Barroso et al. (2010) foi possível observar para as águas do Baixo Jaguaribe que a maior parte das amostras se enquadra na classe de águas sódicas, enquanto que para os ânions houve um equilíbrio para os bicarbonatos e os cloretos classificando-se as águas em bicarbonatadas e cloretadas, visto que apenas 5% se enquadraram na categoria de águas mistas. Também foi encontrado altos teores de cloro para um de seus pontos amostrais, e o autor relata um alto grau de restrição para o uso na irrigação, principalmente se essa água for utilizada para irrigação por aspersão. Resultados estes que vão de encontro ao encontrado ao deste trabalho.

Estudando a sazonalidade na qualidade da água de irrigação do distrito irrigado baixo Acaraú, Ceará, Lobato et al. (2008), também observaram uma predominância da classe bicarbonatada sódica seguida de cloretada sódica.

#### 4.4 CORRELAÇÕES

As matrizes de correlação entre as variáveis estudadas, organizadas por município, é apresentada nas tabelas 12 e 13. Foi considerada a seguinte classificação para a magnitude dos coeficientes de correlação: valores entre 0,10 e 0,29 (fracos), entre 0,30 e 0,49 (moderados); e valores entre 0,50 e 1 (fortes), sendo negativos ou positivos. Para este estudo o coeficiente de correlação superior a 0,5 expressa uma forte relação e serão utilizados para avaliação (Helena et al. 2000, Cohen 1988).

Para os dados das quatro represas de NV percebeu-se uma forte correlação entre a CE os cátions (Na, K, Ca e Mg), os ânions (Cl e  $\text{HCO}_3^-$ ) e os sólidos totais, correlações essas, esperadas já que a CE resulta diretamente das concentrações sais dissolvidos. Adicionalmente, registrou-se uma correlação positiva entre os íons constituintes das águas, uma vez que todos são de grande solubilidade e tendem a ter um comportamento conservativo nestas represas.

A turbidez (turb) apresentou correlação alta com o  $\text{Fe}^{2+}$  e o  $\text{Fe}_T$ , isso também era esperado uma vez que partículas dos solos (argilominerais e coloides) são ricas em ferro e contribuem para turbidez das águas. A correlação entre  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}_T$  se deve ao fato do primeiro ser a principal espécie de ferro nas águas, uma vez que a solubilidade do  $\text{Fe}^{3+}$  é limitada em pH próximo a neutralidade, como o registrado nestas águas. A forte correlação entre o volume mensal acumulado de precipitação (Prec) e  $\text{Fe}_T$  e o sulfato deve refletir a ação das chuvas na solubilização destes e seu aporte às águas das represas, porém enquanto o ferro está associado a composição dos solos e sulfato deve ter origem ou em fertilizantes ou à deposição atmosférica e sua correlação com a incidência de chuvas sugere uma fonte difusa pela área de drenagem. Curiosamente o fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) não apresentou correlação elevadas com as chuvas ou com outros parâmetros o que pode decorrer de sua baixa solubilidade em solos e águas com  $\text{Al}^{3+}$ , uma vez que a solubilidade do fosfato de alumínio ( $\text{AlPO}_4(s)$ ,  $K_{ps} = 6 \times 10^{-19}$ ) é muito pequena e justifica as baixas concentrações de  $\text{PO}_4^{3-}$  medidas.

De modo geral, as mesmas correlações destacadas para as águas de NV foram também verificadas nas represas de São Mateus. Exceto pela ausência de altas correlações entre a precipitação e demais parâmetros, o que pode decorrer da ocorrência de eventos de precipitação de menor intensidade e menor poder erosivo,

as quais causaram um menor arraste de material particulado, e por consequência menores efeitos sobre os valores de ST, turb e  $Fe_T$  por exemplo. Outra razão para a ausência de correlação pode estar associada ao relevo menos acidentado do entorno das represas de SM quando comparados com às de NV, o que minimiza o carreamento decorrente das chuvas.

Uma característica particular das represas de SM foi o registro de correlações negativas entre a variável oxigênio dissolvido (OD) e CE,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe_T$ , fosfato, K, sólidos totais, Ca, Mg e Cl. A correlação inversa entre o OD e as espécies de ferro deve estar associada ao processo de degradação da matéria orgânica presente nas águas, o qual causa o consumo do OD e redução do oxihidroxidos de  $Fe^{3+}$  (presentes na forma de coloides e precipitados de  $FeOOH_{(s)}$ ) e consequente dissolução do  $Fe^{2+}_{(aq)}$  cuja concentração aumenta à medida que o OD é consumido. A relação inversa entre Fe e OD já havia sido destacada na figura 5.

De modo análogo ao registrado para as formas de Fe, o consumo do OD deve ter contribuído para a elevação dos valores dos demais parâmetros com alta correlação, porém envolvendo mecanismos mais complexos de arraste de material, dissolução e precipitação de fases minerais envolvendo os íons majoritários e, por conseguinte com os valores de CE, porém os dados não permitem a elucidação de um mecanismo preciso. Contudo a ação dos ventos e das chuvas no arraste/aporte de material orgânico biodegradável, para as águas das represas, deve influenciar sobre a circulação e mistura interna das águas das represas (entre topo e fundo) e consequente suspensão de material de fundo, sua degradação (com consumo de OD), solubilização de fases, carreamento de sais dissolvidos (aumento da CE e concentração de íons majoritários) e nível de água acumulado nas represas.

**Tabela 15:** Correlações para variáveis de Nova Venécia.

	pH	OD	CE	Turb	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sub>T</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	ST	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Temp	Prec
pH	1,0																	
OD	0,4	1,0																
CE	0,1	-0,2	1,0															
Turb	0,1	0,0	0,0	1,0														
Fe <sup>2+</sup>	0,0	-0,2	0,1	0,9	1,0													
Fe <sup>3+</sup>	-0,1	-0,2	0,3	0,3	0,3	1,0												
Fe <sub>T</sub>	0,0	-0,2	0,1	0,9	1,0	0,4	1,0											
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,3	0,4	-0,2	0,4	0,4	0,1	0,3	1,0										
SO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-0,4	0,0	0,2	0,4	0,4	0,1	0,4	0,3	1,0									
Na <sup>+</sup>	0,2	0,0	0,8	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	1,0								
K <sup>+</sup>	0,1	-0,1	0,7	0,2	0,3	0,4	0,3	0,0	0,2	0,9	1,0							
ST	0,1	0,3	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,6	0,5	1,0						
Ca <sup>2+</sup>	-0,1	-0,4	0,8	-0,1	0,0	0,3	0,1	-0,3	0,1	0,6	0,6	0,4	1,0					
Mg <sup>2+</sup>	0,1	-0,2	0,8	0,1	0,2	0,3	0,2	-0,1	0,1	0,8	0,8	0,3	0,6	1,0				
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0	-0,4	0,6	-0,2	-0,1	0,2	-0,1	-0,3	-0,3	0,2	0,3	0,3	0,7	0,4	1,0			
Cl <sup>-</sup>	0,4	0,0	0,8	0,0	0,1	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,7	0,6	0,4	0,6	0,7	0,4	1,0		
Temp	0,2	-0,1	0,2	0,2	0,3	-0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,4	-0,1	0,2	0,4	-0,3	0,3	1,0	
Prec	-0,2	-0,1	0,2	0,4	0,4	0,3	0,5	0,2	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	-0,2	0,1	0,4	1,0

**Tabela 16:** Correlações para variáveis de São Mateus.

	pH	OD	CE	Turb	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sub>T</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	ST	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Temp	Precip
pH	1,0																	
OD	-0,1	1,0																
CE	0,1	-0,5	1,0															
Turb	0,3	-0,3	0,5	1,0														
Fe <sup>2+</sup>	0,0	-0,6	0,6	0,2	1,0													
Fe <sup>3+</sup>	0,0	-0,5	0,5	-0,1	0,9	1,0												
Fe <sub>T</sub>	0,0	-0,6	0,6	0,1	1,0	0,9	1,0											
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,0	-0,5	0,5	0,2	0,6	0,5	0,6	1,0										
SO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-0,4	-0,1	0,2	-0,1	0,0	0,1	0,0	0,5	1,0									
Na <sup>+</sup>	0,0	-0,3	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	0,4	1,0								
K <sup>+</sup>	0,2	-0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,4	0,8	1,0							
ST	0,0	-0,5	0,7	0,3	0,9	0,8	0,9	0,6	0,2	0,5	0,6	1,0						
Ca <sup>2+</sup>	0,0	-0,5	0,4	0,1	0,6	0,5	0,6	0,2	0,0	0,2	0,3	0,6	1,0					
Mg <sup>2+</sup>	0,0	-0,5	0,4	0,0	0,6	0,6	0,6	0,3	0,1	0,2	0,2	0,6	0,3	1,0				
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,1	-0,4	0,2	0,1	0,5	0,4	0,5	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,4	0,5	0,5	1,0			
Cl <sup>-</sup>	0,1	-0,6	0,6	0,3	0,9	0,7	0,8	0,5	0,0	0,4	0,5	0,9	0,6	0,6	0,5	1,0		
Temp	0,0	0,1	-0,1	0,1	-0,4	-0,4	-0,4	0,0	0,4	0,1	0,1	-0,4	-0,2	-0,4	-0,4	-0,2	1,0	
Prec	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,2	-0,1	-0,1	0,0	-0,2	0,0	0,4	1,0

## 5. CONCLUSÕES

As águas das represas apresentaram baixo risco aos solos e pouca propensão a causar danos aos sistemas de irrigação, exceto as represas novas que apresentaram tendência de maiores concentrações de ferro e sólidos totais, o que inviabiliza o uso direto na irrigação.

As represas novas apresentam qualidade de água inferior, sendo o uso de filtros, aeradores e decantadores indispensável para se evitar possíveis danos ao sistema de irrigação.

As represas de Nova Venécia e São Mateus apresentaram suas águas majoritariamente em classes  $C_1S_1$ , de alta qualidade para irrigação quanto a salinidade e sodicidade. Poucas amostras foram enquadradas na classe  $C_2S_2$  neste caso essas águas devem ser utilizadas em solos de boa permeabilidade e com certo grau de lixiviação e optar por plantas mais tolerantes.

Quanto a classificação hidroquímica das águas de ambos municípios, foram majoritariamente sódicas cloretadas, com pequenas variações sazonais.

Por fim, conclui-se que a qualidade das águas das represas é impactada pelas condições de campo, sendo a ocorrência de longos períodos de estiagem, os quais comprometem a vegetação de seu entorno, um fator determinante para o carreamento de partículas para as represas que causam a elevação dos teores de sólidos totais e ferro, bem como contribui para alteração dos demais parâmetros avaliados. Desta forma, um maior cuidado com o entorno das represas é recomendado como ação mitigadora de impactos sobre a qualidade das águas e preventiva para os sistemas de irrigação.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da Água de Irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura, 2010. 227p.
- ALVES, D. N. B. **Remoção de ferro em água de irrigação através de filtragem em areia e zeólita**. 2008. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) –, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- ANA- Agência Nacional Das Águas. **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Brasília, 2018.: Disponível em:< [http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn8](http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn8)>. Acesso em: 10 janeiro 2018.
- ANDRADE, E. M.; BATISTA, T. M.; SANTOS, T., A.; MEIRELES, M.; SOUSA, B. F. Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.3, p.279-286, 2006.
- ANDRADE, I. P. S. de. **Manejo da irrigação na cultura da figueira (*Ficus Carica* L.) utilizando o balanço de água no solo**. 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.
- ANTONGIOVANNI, L. L.; COELHO, A. L. N. Panorama sobre a desertificação no Estado do Espírito Santo. **Consultoria e relatório apresentados para o IEMA do Governo do Estado do Espírito Santo**, 2005. p. 1-87.
- APHA – American Public Health Association; Water Work Association; Water Control Federation. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 20.ed. New York: United Book, 1998. 1298 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10664**: Determinação de resíduos sólidos - Método gravimétrico. Rio de janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12772**: Determinação de fosforo – Método colorimétrico. Rio de janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12621**: Determinação da dureza total - Método titulométrico com EDTA. Rio de janeiro, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13799**: Determinação de cálcio – Métodos titulométricos do EDTA e do permanganato de potássio. Rio de janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13934**: Determinação de ferro - Método colorimétrico da ortofenantrolina. Rio de janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5762**: :Determinação de alcalinidade em água - Método por titulação direta. Rio de Janeiro, 1997.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **La calidad del agua para agricultura**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: FAO, 1986. 17 p.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D.W. **Qualidade de água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Calidad del agua para la agricultura**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: FAO, 1976. 174p.

BACCAN, N.; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O. E. S.; BARONE, J. S. **Química analítica quantitativa elementar**. São Paulo: Blucher, 2001. 250p.

BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na pequena empresa agrícola – impacto ambiental versus sustentabilidade**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 418p.

BARROSO, A. D. A. F.; NESS, R. L. L.; GOMES, F., R. R.; SILVA, F. L.; CHAVES, M. J. L.; LIMA, C. A. Avaliação qualitativa das águas subterrâneas para irrigação na região do baixo Jaguaribe – Ceará. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.3, p.150-155 2010.

BARROSO, A. D. A.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. D. O.; PALÁCIO, H. A. D. Q.; LIMA, C. A. D. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.588-593, 2011.

BELIZÁRIO, T. L.; M. A. SOARES, M. A.; ASSUNÇÃO, W. L. Qualidade da água para irrigação no projeto de assentamento Dom José Mauro, Uberlândia-MG. **Revista Getec**, V.3, n.5, p.53-73, 2014.

BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; DE SOUZA, J. M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.7, n.2, p.157-169, 2013.

BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PEZZOPANE, J. R. M.; SOUZA, J. M. Alternativas de manejo de água de irrigação em cultivos de conilon. **Coffee Science**, v.9, n.4, p.537-545, 2014.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. São Paulo: Escrituras Editoras, 2006. Cap.5, p.145-160.

CETESB. **Determinação de sulfato em águas método turbidimétrico**. p.5, 1992.

CETESB – Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidades das águas interiores do estado de São Paulo 2004**. São Paulo: CETESB, 2005. 297p.



COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. New York: **Second Edition**. LEA, 1988. 567p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **CONAMA 357**: Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 22 maio 2017.

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de Água para Fins de Irrigação**. Petrolina: Embrapa Semi Árido, 2001. p.32

DIŞLI, E. Hydrochemical characteristics of surface and groundwater and suitability for drinking and agricultural use in the Upper Tigris River Basin, Diyarbakır–Batman, Turkey. **Environmental Earth Sciences**, v.76, n.14, p.2-23, 2017.

EL-AZIZ, S. H. A. Evaluation of groundwater quality for drinking and irrigation purposes in the north-western area of Libya Aligeelat. **Environmental Earth Sciences**, v.76, p.2-17, 2017.

FIGUERÊDO, S. F. et al. Gerenciamento da irrigação do feijoeiro baseado em critérios técnicos e econômicos no cerrado. **Irriga, Botucatu**, v. 13, n. 3, p. 378-391, 2008.

FIORAVANTI, C. D.; VANZELA, L. S.; MAURO, F.; GOMES, D. R.; HERNANDEZ, F. B. T. Diagnóstico da qualidade de água para a irrigação do córrego Três Barras no município de Marinópolis – SP. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, XXXIII 2004, São Pedro: SBEA, 2004.

FOLEGATTI, M. V.; BLANCO, F. F.; SILVA, L. D. B. **Manejo da irrigação**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 123 p.

FRANCO, R. A. M. **Qualidade da água para a irrigação na microbacia do Córrego do Coqueiro no noroeste paulista**. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2008.

FRANCO, R. A.; HERNANDEZ, F. B. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6. p.772-780, 2009.

GEOBASES. **Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo**. Disponível em: <[https://www2.geobases.es.gov.br/publico/AcessoNavegador.aspx?id=142&nome=NAVEGADOR\\_GEOBASES](https://www2.geobases.es.gov.br/publico/AcessoNavegador.aspx?id=142&nome=NAVEGADOR_GEOBASES)>. Acesso em: 25. jan. 2018.

GOMES, J. B. O. de. **Morfometria e qualidade da água em microbacias do município de Guaçuí-ES**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

GUEDES, A.T.; SANTOS, C.R.J.; FEITOSA, K. A.; NOGUEIRA, H. D. Qualidade das águas subterrâneas e superficial da comunidade de Barro Vermelho, município de Aurora, Ceará, para fins de irrigação. **Tecnologia. & Ciências. Agropecuária**. v.10, n.3, p.37-44, 2016.

HANNA Instruments. **Manual de Instruções HI 9829** Disponível em: [www.hannacom.pt/imgGestao/\\_manuais/2094\\_HI9829PT.pdf](http://www.hannacom.pt/imgGestao/_manuais/2094_HI9829PT.pdf). Acesso em: 22 mai. 2017.

HELENA B.; PARDO R.; VEJA M.; BARRADO E.; FERNANDEZ J.M.; FERNANDEZ L. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. **Water research**, v. 34, n. 3, p. 807-816, 2000.

HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, C.R.; SASSAKI, N.; BRAGA, R. S. Qualidade e água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: Congresso brasileiro de engenharia agrícola XXX, 2001, Foz de Iguaçu. **Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.7, 2001.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Construção de barragens incentiva diversificação da agricultura e do agroturismo em Ibitirama.** 2016a. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/construcao-de-barragens-incentiva-diversificacao-da-agricultura-e-do-agroturismo-em-ibitirama>>. Acesso em: 28 agosto 2017.

INCAPER - Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural. **Mapas de chuva - desvio relativo mensal e anual.** 2016b. Disponível em: <<https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-chuva-desvio-relativo-mensal-e-anual>>. Acesso em 09 dez. 2017b.

INCAPER - Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural. Estratégias de convivência com a estiagem e gestão dos recursos hídricos no Espírito Santo. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 6 e 7, n. 4, p. 4-71, 2016c. Disponível em: <[biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/.../1/BRT-incaperemrevista-2016.pdf](http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/.../1/BRT-incaperemrevista-2016.pdf) l>. Acesso em 09 dez. 2017.

KOFFI, K. V.; WOHNLICH, S. Hydrochemical characteristics of groundwater and surface water for domestic and irrigation purposes in Veia catchment, Northern Ghana. **Environmental Earth Sciences**, v.76, n.4. p. 2-19, 2017.

LEAL, C. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUSA, V. F.; SILVA, Ê. F.F; BASTOS, E. A. Qualidade da água subterrânea para fins de irrigação na microrregião de Teresina, Piauí. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 276-288, 2009.

LEMON FILHO, M. A.; ZANINI, J. R.; SILVA, E. R.; CAZETTA, J. O.; FERRAUDO, A. S. System with aeration, sedimentation and filtering for the improving of water quality in drip irrigation. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 506-519, 2011.

LIBÂNIO, M. **“Fundamentos de qualidade e tratamento de água”**. Campinas: Editora Átomo, 2005.

LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M. D., MEIRELES, A. C. M., CRISOSTOMO, L. A. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n.1, p.167-172, 2008.

MALHEIROS, C. H.; HARDOIM, E. L.; LIMA, Z. M.; AMORIM, R. S. S. Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola Campo Verde, MT, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 245-262, 2012.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S. de; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. de. Manejo da água de irrigação. In: **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF, Embrapa Semiárido, 2011. Cap.5, p. 159-232.

MELLO, C. R.; RIBEIRO, V. M.; CURI, N.; SILVA, A. M. Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.6, p. 1878-1891, 2012.

MÖBÜS, G. QUALIGRAF. **Programa para Análise da Qualidade de água**. FUNCEME, 2017. Disponível em: <http://www3.funceme.br/qualigraf/> Acesso em: 22. mai. 2017.

MOURA, R. D.; HERNANDES, F. B.; LEITE, M. A.; FRANCO, R. A.; FEITOSA, D. G.; MACHADO, L. F. Qualidade da água para uso em irrigação na microbacia do córrego do cinturão verde, município de Ilha Solteira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, V. 5, n.1, p. 68-74, 2011.

NAIDU, A. S.; MOWATI, T. C.; SOMAYAJULU, B. L.; RAO, K. S. Characteristics of clay minerals in the bed loads of major rivers of India. **Transport of carbon and minerals in major world rivers**. v. 3, p. 559-568, 1985.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. St. Joseph: ASAE, 1986. 383p.

OKI, A. O.; AKANA, T. S. Quality assessment of groundwater in Yenagoa, Niger Delta, Nigeria. **Geosciences**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2016.

OKUMURA, F.; CAVALHEIRO, É. T. G.; NOBREGA, J. A. Experimentos simples usando fotometria de chama para ensino de princípios de espectrometria atômica em cursos de química analítica. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 832-836, 2004.

OROZCO, M. L. D. C.; LOPEZ, F. H.; ARIAS, R. H.; DURAN, C. A.; RIVERO, O. J. Developing a Water Quality Index (WQI) for an Irrigation Dam. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 5, p. 2-10, 2017.

REIS, C.; VILAS, B. M. A.; MERCANTE, E.; HERMES, E.; REISDORFER, M. Avaliação da qualidade da água para irrigação em Salto do Lontra-PR. **Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal**, v. 8, n. 1, p. 069-078, 2011.

RIBEIRO, T. A.; AIROLDI, R. P. D. S.; PATERNIANI, J. E.; SILVA, M. J. Variation of physical, chemical and biological parameters of water in a trickle irrigation system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 295-301, 2005a.

RIBEIRO, T. A.; AIROLDI, R. P.; PATERNIANI, J. E.; SILVA, M. J. Temporal variation of water quality and the performance of the filters utilized in drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 450-456, 2005b.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Sólidos**. 1999. Disponível em: < <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>>. Acesso em: 10 janeiro 2018.

SALES, M. M.; LOPES, F. B.; MEIRELES, A. C. M.; CHAVES, L. C. G.; ANDRADE, E. M. Variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas em reservatório da região semiárida para fins de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 8, n. 5, p. 411-421, 2014.

SANTOS, V.O., Análise físico-química da água do Rio Itapetininga-SP: Comparação entre dois pontos. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 3, n. 1, p. 99-115, 2010.

SILVA, Í. N. et al. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 7, n. 3, p. 1–15, 2011.

SILVA, L. R.; CUNHA, A. H. N.; COSTA, S. M.; SOUZA, J. M. F. Avaliação de parâmetros físico-químicos da água de irrigação utilizada em um pivô central em Goiânia-GO. V.7, n.3, p. 96-102. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 3, p.96-102, 2014.

SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINGH, V. K.; SINHA, S. Evaluation of groundwater quality in northern Indo-Gangetic alluvium region. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 112, n. 1-3, p. 211-230, 2006.

SINGH, V. K.; BIKUNDIA, D. S.; SARSWAT, A.; MOHAN, D. Groundwater quality assessment in the village of Lutfullapur Nawada, Loni, District Ghaziabad, Uttar Pradesh, India. **Environmental monitoring and assessment**, v. 184, n. 7, p. 4473-4488, 2012.

TELLES, D. D.; DOMINGUES, A.F. Água na agricultura e pecuária. In: **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editoras, 2006. cap.10, p.325-364.

Thebaldi, M. S.; Sandri, D.; Felisberto, A. B.; Rocha, M. S.; Neto, S. A. Qualidade da água para irrigação de um córrego após receber efluente tratado de abate bovino. Irrigation water quality of a stream after receiving treated wastewater from cattle slaughter. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 1, p. 109-120, 2013.

UCKER, F. E.; OLIVEIRA, L. P. B. S.; CAMARGO, M. F.; PENA, D. S.; CARDOSO, C. F., EVANGELISTA, A. W. P. Elementos interferentes na qualidade da água para irrigação. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology**, v. 10, n. 10, p. 2102-2111, 2013.

United State Salinity Laboratory - USSL. **Diagnosis and improviment of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954. 160 p.

VALLE JÚNIOR, F. R.; ABDALA, L. V.; GUIDOLINI, F. J.; ALMEIDA, F. R.; SOUZA, C. S. A. M. Ortofosfato como parâmetro indicador de qualidade da água em diferentes pontos de coleta na bacia do rio Uberaba. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p.1-6 2010.

VANZELA, L. S. **Qualidade de água para irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP**. 2004. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Faculdade de Engenharia da UNESP, Ilha Solteira, 2004.

VASCONCELOS, R. S.; LEITE, K. N.; CARVALHO, C. D.; ELOI, W. M.; SILVA, L. M. F.; FEITOSA, H. O. Qualidade da água utilizada para irrigação na extensão da microbacia do baixo Acaraú. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, n. 1, p. 30-38, 2009.

VIANNA, L. S.; SILVA, K. D.; BERTOSSI, A. P. A.; MENDES, T. N.; XAVIER, T. M. T. Análise da qualidade da água para fins de irrigação na microbacia do Rio Alegre, ES. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p.1-8, 2011.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

ZIMMERMANN, C. M., GUIMARÃES, O. M., & PERALTA, Z. P. G. Evaluation of the quality of the water body of the Tibagi River in the region of Ponta Grossa using principal components analysis. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1727-1732, 2008.

## **Apêndice**

## 7. APÊNDICE



**Apêndice A:** Ponto (P1) outubro 2016.



**Apêndice B:** Ponto (P1) novembro 2017.



**Apêndice C:** Ponto (P2) outubro 2016.



**Apêndice D:** Ponto (P2) novembro 2017.



**Apêndice E:** Ponto (P3) outubro 2016.



**Apêndice F:** Ponto (P3) novembro 2017.



**Apêndice G:** Ponto (P4) outubro 2016.



**Apêndice H:** Ponto (P4) novembro 2017.





**Apêndice I:** Ponto (P5) outubro 2016.



**Apêndice J:** Ponto (P5) novembro 2017.



**Apêndice K:** Ponto (P6) outubro 2016.



**Apêndice L:** Ponto (P6) novembro 2017.



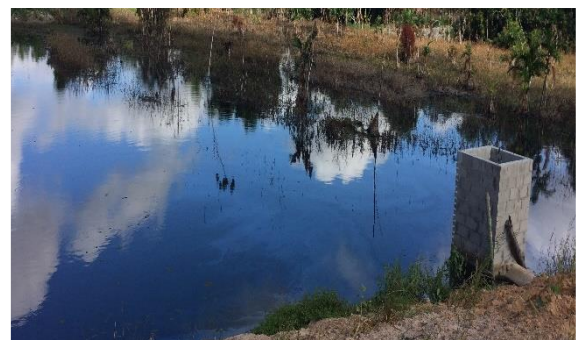
**Apêndice M:** Ponto (P7) outubro 2016.



**Apêndice N:** Ponto (P7) novembro 2017.



**Apêndice O:** Ponto (P8) outubro 2016.



**Apêndice P:** Ponto (P8) novembro 2017.



**Apêndice Q:** Balanço iônico para os pontos de Nova Venécia.

Amostra	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO3 + HCO3	SO4	CE	Σ Cátions	Σ Ânions	B.I. I	B.I. II	Observações
			meq L <sup>-1</sup>				μs/cm	meq L <sup>-1</sup>				
ponto 1 out	2.45	0.24	0.52	0.81	0.00	0.06	112.00	3.21	1.19	92.11	46.05	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 1 nov	2.24	0.20	0.40	0.81	0.00	0.26	129.00	2.84	1.31	73.44	36.72	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 1 dez	2.06	0.16	0.04	0.61	0.00	0.36	122.00	2.26	1.07	71.19	35.59	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 1 jan	0.56	0.16	0.28	0.81	0.00	0.25	87.00	1.00	1.31	27.34	13.67	OK
Ponto 1 fev	0.71	0.16	0.24	1.01	0.00	0.06	87.00	1.11	1.39	22.16	11.08	OK
Ponto 1 mar	0.78	0.16	0.08	0.40	0.00	0.04	62.00	1.02	0.95	7.33	3.67	OK
Ponto 1 abr	0.77	0.16	0.20	0.40	0.00	0.00	104.00	1.13	0.86	26.52	13.26	OK
Ponto 1 mai	0.46	0.16	0.12	0.61	0.00	0.06	81.00	0.74	0.98	28.72	14.36	OK
Ponto 1 jun	0.47	0.12	0.20	0.81	0.00	0.01	84.00	0.79	1.10	33.03	16.51	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 1 jul	0.49	0.10	0.16	0.61	0.00	0.03	77.00	0.75	1.19	44.97	22.49	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 1 ago	0.50	0.12	0.12	0.61	0.00	0.01	74.00	0.74	1.15	42.98	21.49	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 1 set	0.53	0.12	0.12	0.61	0.00	0.03	68.00	0.77	1.07	31.97	15.99	Não atende B.I. 1
Ponto 1 out	0.51	0.12	0.12	0.71	0.00	0.02	59.00	0.75	1.17	43.24	21.62	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 1 nov	0.68	0.12	0.14	0.71	0.00	0.03	127.00	0.94	1.17	21.49	10.74	OK
Ponto 2 out	4.70	0.16	0.24	1.42	0.00	0.35	193.00	5.10	1.76	97.52	48.76	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 2 nov	3.87	0.12	0.52	1.21	0.00	0.50	184.00	4.51	1.31	110.13	55.06	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 2 dez	3.75	0.24	0.20	0.81	0.00	0.90	178.00	4.19	0.95	125.93	62.97	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 2 jan	0.82	0.24	0.24	1.01	0.00	0.50	118.00	1.30	1.27	2.01	1.00	OK
Ponto 2 fev	1.29	0.28	0.12	0.61	0.00	0.20	104.00	1.69	1.11	41.44	20.72	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 2 mar	1.44	0.28	0.04	0.61	0.00	0.13	84.00	1.76	1.28	31.97	15.98	Não atende B.I. 1
Ponto 2 abr	1.42	0.16	0.20	0.61	0.00	0.10	124.00	1.78	1.23	36.39	18.20	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 2 mai	0.78	0.20	0.16	0.61	0.00	0.09	117.00	1.14	1.11	2.55	1.28	OK
Ponto 2 jun	0.87	0.24	0.08	0.61	0.00	0.06	116.00	1.19	1.11	7.31	3.65	OK
Ponto 2 jul	0.89	0.18	0.10	0.40	0.00	0.12	112.00	1.17	1.24	5.33	2.66	OK
Ponto 2 ago	0.87	0.14	0.12	0.51	0.00	0.12	112.00	1.13	1.22	7.26	3.63	OK
Ponto 2 set	0.96	0.14	0.08	0.71	0.00	0.16	103.00	1.18	1.25	6.26	3.13	OK
Ponto 2 out	0.91	0.12	0.12	0.71	0.00	0.15	104.00	1.15	1.17	1.68	0.84	OK

Ponto 2 nov	0.99	0.08	0.18	0.71	0.00	0.15	146.00	1.25	1.17	6.51	3.25	OK
Ponto 3 out	3.79	0.12	0.32	3.24	0.00	0.12	156.00	4.23	3.37	22.75	11.37	OK
Ponto 3 nov	3.01	0.12	0.60	1.01	0.00	0.22	131.00	3.73	1.22	101.07	50.53	Não atende B.I. 1 e 2
Ponto 3 jan	0.64	0.12	0.32	1.01	0.00	0.07	82.00	1.08	1.26	15.58	7.79	OK
Ponto 3 fev	1.02	0.12	0.16	1.01	0.00	0.02	79.00	1.30	1.26	3.04	1.52	OK
Ponto 3 mar	1.15	0.12	0.24	0.20	0.00	0.01	44.00	1.51	0.49	101.25	50.62	Não atende B.I. 2
Ponto 3 abr	1.13	0.12	0.04	0.81	0.00	0.01	94.00	1.29	1.06	19.47	9.74	OK
Ponto 3 mai	0.67	0.12	0.12	0.81	0.00	0.03	91.00	0.91	1.06	15.56	7.78	OK
Ponto 3 jun	0.72	0.12	0.12	0.81	0.00	0.00	90.00	0.96	1.06	9.59	4.79	OK
Ponto 3 jul	0.75	0.08	0.12	0.81	0.00	0.02	89.00	0.95	1.23	25.63	12.81	OK
Ponto 3 ago	0.75	0.08	0.12	0.81	0.00	0.02	89.00	0.95	1.14	18.69	9.34	OK
Ponto 3 set	0.81	0.08	0.10	0.81	0.00	0.02	84.00	0.99	1.14	14.67	7.33	OK
Ponto 3 out	0.75	0.08	0.12	0.81	0.00	0.02	87.00	0.95	1.14	18.31	9.15	OK
Ponto 3 nov	0.80	0.10	0.10	0.91	0.00	0.02	122.00	1.00	1.29	25.08	12.54	OK
ponto 4 out	9.90	0.60	1.40	2.83	0.00	0.08	396.00	11.90	3.92	100.96	50.48	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 4 nov	5.11	0.56	0.92	2.43	0.00	0.12	315.00	6.59	3.39	64.19	32.09	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 4 dez	4.12	0.52	0.28	1.62	0.00	0.26	250.00	4.92	2.33	71.39	35.70	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 4 jan	1.03	0.28	0.44	1.42	0.00	0.15	148.00	1.75	1.92	9.06	4.53	OK
ponto 4 fev	1.89	0.32	0.24	1.21	0.00	0.06	159.00	2.45	1.80	30.66	15.33	Não atende B.I. 1
ponto 4 mar	2.22	0.32	0.40	1.21	0.00	0.06	166.00	2.94	1.84	46.15	23.08	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 4 abr	2.23	0.40	0.32	1.21	0.00	0.07	205.00	2.95	1.76	50.74	25.37	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 4 mai	1.47	0.40	0.28	1.21	0.00	0.04	211.00	2.15	1.80	17.74	8.87	OK
ponto 4 jun	1.73	0.36	0.28	1.42	0.00	0.01	205.00	2.37	2.00	16.78	8.39	OK
ponto 4 jul	1.70	0.30	0.34	1.62	0.00	0.04	208.00	2.34	2.78	17.49	8.74	OK
Ponto 4 ago	1.71	0.34	0.28	1.62	0.00	0.03	212.00	2.33	2.53	8.21	4.11	OK
Ponto 4 set	1.85	0.34	0.26	1.62	0.00	0.03	201.00	2.45	2.53	3.58	1.79	OK
Ponto 4 out	1.62	0.34	0.30	1.62	0.00	0.03	204.00	2.26	2.53	11.29	5.64	OK
Ponto 4 nov	1.24	0.36	0.32	1.82	0.00	0.02	174.00	1.92	2.78	36.66	18.33	Não atende B.I. 1 e 2

**Apêndice R:** Balanço iônico para os pontos de São Mateus.

Amostra	Na+K	Ca	Mg	Cl	CO3+ HCO3	SO4	CE	Σ Cátions	Σ Ânios	B.I. I	B.I. II	Observações
				meq L <sup>-1</sup>				meq L <sup>-1</sup>				
ponto 5 out	1.89	0.08	0.12	0.81	0.00	0.21	115.00	2.09	0.88	81.66	40.83	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 5 nov	1.49	0.12	0.44	0.61	0.00	0.36	140.00	2.05	0.61	107.70	53.85	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 5 dez	1.22	0.20	0.28	0.40	0.00	0.84	185.00	1.70	0.42	120.35	60.18	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 5 jan	0.77	0.24	0.28	1.01	0.00	0.64	136.00	1.29	1.03	22.66	11.33	OK
ponto 5 fev	1.26	0.08	0.40	0.81	0.00	0.37	102.00	1.74	1.03	51.47	25.73	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 5 mar	1.48	0.44	0.16	0.40	0.00	0.24	97.00	2.08	0.78	90.39	45.20	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 5 abr	1.39	0.12	0.36	0.61	0.00	0.18	117.00	1.87	0.99	61.85	30.93	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 5 mai	0.80	0.16	0.20	0.81	0.00	0.08	112.00	1.16	1.27	8.81	4.40	OK
ponto 5 jun	0.97	0.12	0.20	0.81	0.00	0.03	107.00	1.29	1.27	1.97	0.98	OK
ponto 5 jul	0.86	0.06	0.22	0.61	0.00	0.06	106.00	1.14	1.36	17.70	8.85	OK
ponto 5 ago	0.87	0.06	0.22	0.61	0.00	0.05	99.00	1.15	1.32	13.64	6.82	OK
ponto 5 set	0.92	0.06	0.18	0.71	0.00	0.04	95.00	1.16	1.37	17.37	8.68	OK
ponto 5 out	0.82	0.06	0.22	0.71	0.00	0.03	92.00	1.10	1.37	22.62	11.31	OK
ponto 5 nov	0.85	0.06	0.22	0.81	0.00	0.05	92.00	1.13	1.52	29.51	14.75	OK
ponto 6 out	4.54	0.40	0.12	1.42	0.00	0.12	198.00	5.06	1.92	90.04	45.02	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 6 nov	5.36	0.24	0.32	1.82	0.00	0.85	389.00	5.92	2.21	91.14	45.57	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 6 dez	4.30	0.40	0.44	1.42	0.00	0.91	301.00	5.14	1.93	90.67	45.34	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 6 jan	1.91	0.40	0.52	2.02	0.00	0.21	230.00	2.83	3.03	6.81	3.41	OK
ponto 6 fev	2.76	0.40	0.60	1.42	0.00	0.21	217.00	3.76	2.34	46.65	23.32	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 6 mar	2.97	0.48	0.56	1.62	0.00	0.25	212.00	4.01	2.66	40.23	20.12	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 6 abr	2.97	0.28	0.92	1.42	0.00	0.09	260.00	4.17	2.25	59.86	29.93	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 6 mai	1.92	0.44	0.44	1.62	0.00	0.12	261.00	2.80	2.54	9.96	4.98	OK
ponto 6 jun	2.40	0.40	0.48	1.42	0.00	0.10	260.00	3.28	2.33	33.75	16.87	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 6 jul	2.12	0.22	0.56	1.52	0.00	0.19	242.00	2.90	3.23	10.68	5.34	OK
ponto 6 ago	1.99	0.24	0.46	1.52	0.00	0.13	223.00	2.69	2.85	6.01	3.01	OK
ponto 6 set	1.91	0.24	0.40	1.62	0.00	0.13	200.00	2.55	2.83	10.53	5.26	OK
ponto 6 out	1.78	0.24	0.40	1.82	0.00	0.11	196.00	2.42	2.91	18.10	9.05	OK
ponto 6 nov	1.47	0.26	0.38	1.82	0.00	0.11	196.00	2.11	2.86	30.19	15.09	Não atende B.I. 1

ponto 7 out	2.11	0.08	0.48	1.01	0.00	0.24	121.00	2.67	1.18	77.11	38.56	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 7 nov	2.84	0.28	0.92	1.42	0.00	0.35	123.00	4.04	1.59	87.02	43.51	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 7 dez	1.83	0.20	0.84	0.81	0.00	0.61	161.00	2.87	1.20	82.36	41.18	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 7 jan	0.63	0.16	0.48	1.01	0.00	0.26	263.00	1.27	1.35	6.28	3.14	OK
ponto 7 fev	0.94	0.20	0.84	0.81	0.00	0.32	111.00	1.98	1.15	53.03	26.51	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 7 mar	0.94	0.24	0.32	0.20	0.00	0.26	92.00	1.50	0.46	106.35	53.17	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 7 abr	0.98	0.08	0.32	0.61	0.00	0.20	140.00	1.38	0.82	50.91	25.45	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 7 mai	0.50	0.12	0.24	0.81	0.00	0.14	92.00	0.86	0.94	8.35	4.18	OK
ponto 7 jun	0.73	0.12	0.28	0.81	0.00	0.09	93.00	1.13	0.98	14.79	7.39	OK
ponto 7 jul	0.69	0.08	0.28	0.71	0.00	0.09	84.00	1.05	1.00	4.70	2.35	OK
ponto 7 ago	0.68	0.10	0.28	0.71	0.00	0.06	87.00	1.06	1.00	5.42	2.71	OK
ponto 7 set	0.73	0.10	0.22	0.71	0.00	0.06	82.00	1.05	1.04	0.34	0.17	OK
ponto 7 out	0.66	0.12	0.26	0.71	0.00	0.06	82.00	1.04	1.04	0.47	0.24	OK
ponto 7 nov	0.71	0.10	0.26	0.71	0.00	0.10	82.00	1.07	1.04	2.67	1.34	OK
ponto 8 out	1.84	0.20	0.00	0.81	0.00	0.09	88.00	2.04	0.89	77.96	38.98	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 8 nov	1.51	0.12	0.56	1.01	0.00	0.12	91.00	2.19	1.26	53.82	26.91	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 8 dez	1.87	0.12	0.44	0.61	0.00	1.07	121.00	2.43	0.92	90.11	45.05	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 8 jan	3.01	0.36	0.24	1.62	0.00	0.62	106.00	3.61	2.63	31.40	15.70	Não atende B.I. 1
ponto 8 fev	2.85	0.80	0.20	4.05	0.00	0.33	224.00	3.86	5.30	31.59	15.80	Não atende B.I. 1
ponto 8 mar	2.52	1.20	0.40	4.05	0.00	0.24	209.00	4.12	5.30	25.06	12.53	OK
ponto 8 abr	1.01	0.80	0.40	4.05	0.00	0.18	252.00	2.21	4.88	75.23	37.61	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 8 mai	1.79	0.80	0.80	4.05	0.00	0.18	272.00	3.39	4.88	35.99	18.00	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 8 jun	2.67	1.20	0.80	4.05	0.00	0.09	297.00	4.67	4.88	4.45	2.23	OK
ponto 8 jul	2.10	0.60	2.00	3.04	0.00	0.08	238.00	4.70	3.72	23.32	11.66	OK
ponto 8 ago	1.80	0.60	2.00	3.04	0.00	0.08	212.00	4.40	4.70	6.59	3.29	OK
ponto 8 set	2.18	0.40	1.20	3.04	0.00	0.16	249.00	3.78	5.12	30.08	15.04	Não atende B.I. 1
ponto 8 out	1.44	0.40	1.20	3.04	0.00	0.11	226.00	3.04	4.70	42.92	21.46	Não atende B.I. 1 e 2
ponto 8 nov	2.97	0.60	2.00	5.06	0.00	0.77	226.00	5.57	7.99	35.71	17.86	Não atende B.I. 1 e 2

